

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



**“CARACTERIZACIÓN DE *Eisenia arborea* ARESCHOUG, 1876
(LAMINARIALES, PHAEOPHYTA) EN TRES DIFERENTES SUSTRATOS
DENTRO DE BAHÍA SAN QUINTÍN, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO”**

T E S I S

**QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

PRESENTA

MARIANA ELVIRA CALLEJAS JIMÉNEZ

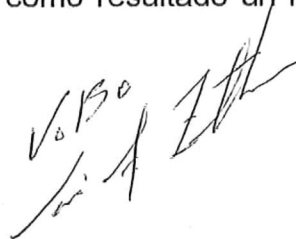
ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

SEPTIEMBRE, 2007

RESUMEN

“CARACTERIZACIÓN DE *Eisenia arborea* ARESCHOUG, 1876 (LAMINARIALES, PHAEOPHYTA) EN TRES DIFERENTES SUSTRATOS DENTRO DE BAHÍA SAN QUINTÍN, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO”

Eisenia arborea, es una alga parda, de valor comercial que forma densos mantos en ambientes de alta energía. Recientemente se reportó la presencia de esta especie dentro de Bahía San Quintín, la cual es un ambiente atípico por ser una laguna costera protegida. La población de *E. arborea* en esta laguna se observó en tres diferentes sustratos: 1) Sustrato Artificial (balsas de cultivo de ostión) (SA), 2) Intermareal (IM) y 3) Submareal (SM). El hecho de que *E. arborea* crezca en un lugar protegido y sobre SA, podría facilitar su explotación comercial y/o cultivo. Sin embargo, no existen trabajos previos para esta especie en este tipo de ambientes. En esta investigación se evaluó la tasa de crecimiento, reproducción y efecto de cosecha, en los tres ambientes mencionados con la finalidad de inferir las respuestas de la especie en un ambiente protegido y su posible explotación. La tasa de crecimiento específico se determinó a partir de las diferencias en talla, área y volumen del estipe. La época de reproducción se estimó a partir de la presencia o ausencia de soros en organismos adultos. El efecto de cosecha se evaluó a partir del corte de una o ambas frondas y su regeneración durante el periodo de estudio. Los organismos de *E. arborea* dentro de Bahía San Quintín se comportaron de manera diferente en los tres sustratos estudiados en relación a: su morfología (tallas máximas, mínimas y promedio), época reproductiva y tasa de crecimiento. Los mayores crecimientos se observaron en el SA y los menores en el IM. Se evidenció un mayor crecimiento en juveniles en comparación con los adultos. En el SA dominaron tallas entre 10 y 30 cm de longitud; en el IM, entre 10 y 15 cm y en el SM entre 20 y 35 cm. En el SA los organismos presentaron tejido reproductor durante todo el periodo de muestreo, mientras que en el IM, sólo se presentaron entre septiembre y diciembre de 2005, y en el SM se observaron en cuatro de los seis meses muestreados. Sólo se observaron inicios de regeneración de frondas en el SA. En este estudio se comprobó que *E. arborea* es capaz de habitar y reproducirse en ambientes protegidos de baja energía, así como fijarse en sustratos artificiales, tiene la capacidad de regenerar su tejido distal, pero de forma lenta o incipiente. Por lo tanto, realizar una explotación sobre mantos naturales sin conocer y establecer el tiempo de respuesta o regeneración total, daría como resultado un impacto ecológico negativo sobre la población.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS
POSGRADO EN OCEANOGRAFIA COSTERA

“CARACTERIZACIÓN DE *Eisenia arborea* ARESCHOUG, 1876
(LAMINARIALES, PHAEOPHYTA) EN TRES DIFERENTES SUSTRATOS
DENTRO DE BAHÍA SAN QUINTÍN, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO”

T E S I S


QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

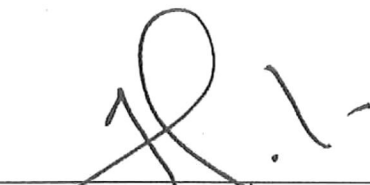
PRESENTA

MARIANA ELVIRA CALLEJAS JIMÉNEZ

Aprobada por:



Dr. José A. Zertuche González
Presidente del jurado



Dr. Isaí Pacheco Ruíz
Sinodal



Dr. Eduardo Santamaría-del Ángel
Sinodal

DEDICATORIA

A mi amada familia, por que sin importar la distancia me han apoyado y brindado su inagotable amor y comprensión, sea cual sea el objetivo, meta o terquedad, "Alcanzamos un peldaño más"

Mamá

Tu tenacidad, ejemplo y amor, han sido una gran fuente de inspiración en mi vida, agradezco a mi ser superior la excelente madre que me dio

Tío Arturo

Me has enseñado que lo más importante es conocerse y amarse uno mismo, y que la única persona capaz de limitarme, soy yo

Chabe

Tu sensibilidad, me ha mostrado que la vida tiene un lado rosa, el cual no hay que suprimir

Mayo

Te amo con tus defectos y virtudes. Nunca lo dudes...

Jhony

Tu complicidad, impulsividad y nobleza, me recuerdan que la vida hay que disfrutarla

Ana Mariel

Tú, no me permites olvidar la sencillez, fascinación y grandeza de la vida. "No queremos olas, queremos burbujas"

Papá†

Gracias por lo que me diste y también por lo que me negaste, por que con ello me enseñaste a luchar por lo que quiero

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas e Instituto de Investigaciones Oceanológicas, por otorgarme mi grado de Maestría en Ciencias en Oceanografía Costera, por la oportunidad de seguir creciendo tanto en lo académico como en lo personal.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por otorgarme la beca No. 188738, la cual me permitió realizar y alcanzar esta meta.

De igual forma agradezco al proyecto interno UABC No. 0510 “Implementación y Cultivo de Macroalgas” con el cual fueron solventados los gastos para realizar esta investigación.

Al Dr. José A. Zertuche por sus comentarios y elementos para realizar mi trabajo de tesis.

Al Dr. Isaí Pacheco por su tiempo y observaciones para mejorar el presente trabajo... y tenga por seguro que no lo voy a olvidar.

Al Dr. Eduardo Santamaría por tu confianza, ayuda y experiencia. Ya que sin tu apoyo, me habría sido más difícil cumplir esta meta. Efectivamente San Quintín es un laboratorio en campo y sí, era *Eisenia*!!!

A la Ostrícola Agromarinos S.A. y a la Fam. Guerrero por el apoyo y facilidades brindadas para la realización del presente estudio.

Al Oc. Ignacio Beamonte Wayas por el apoyo económico para realizar salidas de campo.

A Francisco Cárdenas por compartir conmigo su conocimiento y entusiasmo sobre las macroalgas...

Al técnico de campo y amigo Pepe Guzmán, gracias por los momentos compartidos en nuestras salidas. “Sin tu ayuda, todavía seguiría en las balsas”

Al Dr. Jorge de la Rosa†, por el apoyo y facilidades de espacio en el Laboratorio de Ecología Molecular, lo que permitió montar mi laboratorio de primer mundo, para realizar el cultivo experimental y desarrollo de mis hijas “Eisenias” Gracias por todo, pero en especial por el patrocinio del kitt de botellas de cultivo... Que viva el vino!!!

A Juan Vivax, por tú ayuda y apoyo incondicional, así como tus comentarios, observaciones y trabajo en equipo que permitió mejorar mí escrito. Aunado a los momentos agradables que compartimos (Café matutino, charlas, cine y deportes extremos), sin dejar de lado a TODAS TUS CHICAS (estudiantes y servicios sociales).

A todos los integrantes del grupo de Macroalgas del IIO, por los momentos vividos y compartidos, aunados a que tuvieron que soportar mis risas y carcajadas.

A mí padre académico Dr. Abel Sentíes Granados, por que a pesar de la distancia, se que cuento con tu apoyo, guía, afecto y confianza. Aún sigo preguntándome si las macroalgas fueron una buena opción... Gracias por insistir y mostrarme que existe una amplia gama de posibilidades en esta área.

Un agradecimiento especial a mi colega y amigo Dr. Alberto Guzmán Urióstegui, por tus atinadas observaciones y sugerencias que sirvieron para ubicarme y enriquecer mi escrito. Recuerda que cuentas con el halo de inhibición!!!

A mí familia adoptada en Ensenada: Santa, Pao, Beto, Andy, Miki, Polo, Lety, Memo, Karinna (roommate) y a mis vecinos Abraham y Román (ñoño). Gracias amigos y compañeros de aventura por aguantarme y estar conmigo en este proceso... a pesar de las dificultades y problemas a lo largo del camino.

A RKAF, por seguirme en todas mis locuras y aventuras. Aunque me pasaste a FASTIDIAR, por aquello de que la rémora refleja el estado de salud del Tiburón Blanco Mercurio...Gracias Santa!!!

Karinna te agradezco sinceramente tu amistad, alegría y convivencia, aunado a la oportunidad de ser cómplices y confidentes. Espero que la vida nos de la oportunidad de coincidir nuevamente.

A Fani, por esas interminables horas de estudio, quejas, complicidad y sobre todo por tu amistad. Además por permitirme conocer a dos grandes personas Ely y Mony. Por cierto Ely, gracias por las noches de desvelo escuchando nuestras quejas y “discusiones científicas”

A Julio, por tu cariño y apoyo, por que se que cuento contigo aún en la distancia. No es amenaza, pero recuerda...No es fácil deshacerse de mí. Te quiero amigo!!!

A Raquel, por seguir juntas en este camino, a pesar de las dificultades y distancia...No es fácil deshacerse de la mancha y eso me permite inferir que recorreremos un largo camino...

A ti, que fuiste un sublime paréntesis en mi vida, el cual me recordará la frase tonta de la semana... "Debo dejar de fumarte, beberte, de pensarte. Es posible. Me receto tiempo, abstinencia y soledad" Aún...

Al personal administrativo de la Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, Instituto de Investigaciones Oceanológicas y de la Revista Ciencias Marinas. Por la gestión y tramites administrativos, así como por la diligencia que mostraron al solicitarles su ayuda. Gracias: Dra. Irma Sorria, Angélica, Rosy, Magui, Hortensia, Yoli, Miriam y Suemy.

A los profesores que marcaron una diferencia en mi formación: Dr. Ledesma, Dr. Carpizo, Dr. Camacho, Dr. Millan, Dr. Walls, Dr. Correa. Gracias por sus comentarios y sugerencias, que me permitieron mejorar académicamente.

Y a todos aquéllos que en este momento escapan de mi mente, pero formaron parte de esté proceso de mí vida.

El estar viva me hace triunfadora por el simple hecho de existir, agradezco a mí ser superior por mí vida, que intento vivir y gozar al máximo.

No me resta más que decir...

GRACIAS A TODOS

"La ciencia puede describir lo que es cierto, pero no lo que es bueno, justo y humano" Marcus Jacobson

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	I
VOTOS APROBATORIOS	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE	VII
LISTA DE TABLAS	X
LISTA DE FIGURAS	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Hipótesis	4
2. OBJETIVOS	4
2.2 Objetivo General	4
2.3 Objetivos Específicos	4
3. MÉTODO	5
3.1 Área de Estudio	5
3.2 Obtención de Datos	7
3.3 Medidas Máximas, Mínimas y Promedio de E. arborea	11

<i>3.4 Análisis Morfométrico</i>	11
<i>3.5 Tasa de Crecimiento en el Estipe</i>	12
<i>3.6 Tendencia Reproductiva</i>	14
<i>3.7 Efecto y Respuesta de Cosecha</i>	15
4. RESULTADOS	16
<i>4.1 Medidas Máximas, Mínimas y Promedio de E. arborea</i>	16
<i>4.2 Análisis Morfométrico</i>	18
<i>4.3 Tasa de Crecimiento</i>	24
<i>4.4 Tendencia Reproductiva</i>	30
<i>4.5 Respuesta de Cosecha</i>	32

5. DISCUSIÓN	36
6. CONCLUSIONES	42
7. LITERATURA CITADA	43

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla I. Número de organismos por mes en los diferentes sustratos: Artificial (SA), Intermareal (IM) y Submareal (SM) para <i>E. arborea</i> de Bahía San Quintín. Medidas morfológicas: Longitud Total (LT), Longitud Estipe (LE) y Grosor Estipe (GE) cm.	16
Tabla II. Tasa de crecimiento específico, que considera diferencias en talla (% día ⁻¹), Longitud Estipe (*LE) y Grosor Estipe (*GE) para <i>E. arborea</i> en los diferentes sustratos de Bahía San Quintín.	25
Tabla III. Tasa de crecimiento específico (% día ⁻¹) reportada en área (cm ²) para el Estipe de <i>E. arborea</i> en los tres diferentes sustratos en Bahía San Quintín.	27
Tabla IV. Tasa de crecimiento específico (% día ⁻¹) reportada en volumen (cm ³) para el Estipe de <i>E. arborea</i> en los diferentes sustratos dentro de Bahía San Quintín.	28

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Área de estudio y sitio de muestreo (+) para los organismos de <i>E.arborea</i> , en Bahía San Quintín, Baja California, México.	5
Figura 2. <i>E. arborea</i> en Bahía San Quintín: a) Sustrato Artificial (SA); b) Intermareal (IM); c) Submareal (SM).	8
Figura 3. Doble marca sobre <i>E. arborea</i> , en Bahía San Quintín, B. C.	9
Figura 4. Representación gráfica de <i>E. arborea</i> indicando las mediciones consideradas en el presente trabajo: Longitud Total (LT), Longitud Estipe (LE), Longitud Horqueta (LH) y Grosor Estipe (GE) (Modificado de Abbott y Hollenberg, 1976).	10
Figura 5. Mancha esporangial en el centro (oscura).	14
Figura 6. Análisis de Factor (AF) compuesto por el componente I y II, para la variabilidad común entre Longitud Total (LT), Longitud Estipe (LE) y Grosor Estipe (GE) de <i>E. arborea</i> , en Bahía San Quintín.	19
Figura 7. Análisis de Factor (AF) compuesto por el componente I y II, muestra la variabilidad común entre los meses muestreados en el Sustrato Artificial (SA) dentro de Bahía San Quintín.	20
Figura 8. Análisis de Factor (AF) compuesto por el componente I y II, muestra la variabilidad común entre los meses muestreados para el Intermareal (IM) dentro de Bahía San Quintín.	21
Figura 9. Análisis de Factor (AF) compuesto por el componente I y II, muestra la variabilidad común entre los meses muestreados para el Submareal (SM) dentro de Bahía San Quintín.	22
Figura 10. Análisis de Factor (AF) compuesto por el componente I y II, muestra la variabilidad común entre los sustratos dentro de Bahía San Quintín.	23
Figura 11. Tasa de crecimiento específico (% día ⁻¹) en volumen (cm ³) para el Estipe en organismos adultos y juveniles en los tres	29

sustratos: Sustrato Artificial (SA), Intermareal (IM) y Submareal (SM).

Figura 12. Porcentaje de organismos reproductivos vs. no reproductivos para *E. arborea* en los tres ambientes considerados dentro de Bahía San Quintín, Sustrato Artificial (SA), Intermareal (IM) y Submareal (SM). 31

Figura 13. Respuesta al efecto de cosecha de los organismos de *E. arborea* presentes en el SA. a) Organismo Control; b) Regeneración Corte 1; c) Regeneración Corte 2. 33

Figura 14. Diferente respuesta de regeneración en organismos de *E. arborea* presentes en el SA. a) Regeneración corte 1; b) Regeneración incipiente corte 2; c) Organismo sin regeneración corte 1; d) Inicio regeneración corte 2. 34

Figura 15. Diferente respuesta de regeneración en organismos de *E. arborea* presentes en el SA. a) Regeneración evidente; b) Regeneración incipiente corte 1; c) Inicio de regeneración corte 1. 35

1. INTRODUCCIÓN

Eisenia J.E. Areschoug 1876 es un género típico de las Laminariales, que incluye siete especies, de las cuales sobresalen dos por su importancia económica y su demanda en el mercado: *Eisenia bicyclis* (Kjellman) Setchell 1905, presente en la costa oriental de Japón y *Eisenia arborea* Areschoug, 1986, que se presenta en la costa pacífico occidental desde Isla Vancouver en Canadá, hasta Isla Magdalena en Baja California Sur, México (Shults y Herbst, 1938; Hollenberg, 1939; Abbott y Hollenberg, 1976; Guiry y Guiry, 2007).

E. arborea es un sargazo, considerado como una de las algas con mayor complejidad debido a su estructura parenquimatosa. Se caracteriza por un estipe cilíndrico de 1-2 m de altura, de color café oscuro, correoso y rígido, el cual presenta una bifurcación que forman una horqueta con numerosas láminas en la parte distal. Además posee un pie de fijación fuerte, compacto y ramificado. Sobre las láminas presenta manchas esporangiales irregulares. Forma densos mantos en la zona intermareal en ambientes de alta energía. (Shults y Herbst, 1938; Hollenberg, 1939; Abbott y Hollenberg, 1976)

La historia de vida de *E. arborea* es similar a lo descrito para otros miembros del orden Laminariales, presenta alternancia de generaciones, la cual comprende la fase macroscópica esporofito (diploide) y la fase microscópica gametofito (haploide) (Shults y Herbst, 1938; Hollenberg, 1939; Schiel y Foster, 2006).

En relación al crecimiento y reproducción de *E. arborea*, Dayton *et al.*, (1999) reportan para Point Loma, California, que dichos parámetros disminuyen con la profundidad. Por otro lado, sugieren que *Laminaria* V. Lamouroux 1813 y *E. arborea* presentan una competencia muy sensible en algunos parámetros de su historia de vida (reclutamiento, crecimiento y reproducción los cuales son fuertemente inhibidos por la influencia del sombreado de *Macrocystis* C. Agardh 1820 sobre el resto de la comunidad), además, observaron que existe una alta sobrevivencia y fuerte competencia con *Pterygophora* Ruprecht 1852 a una profundidad de 15 m.

Recientemente, se han estudiado temas relacionados a los cambios morfológicos de esta especie, en respuesta a diferentes condiciones ambientales, como el efecto del oleaje sobre el tamaño y forma de la especie (Gaylord y Denny, 1997; Roberson y Coyer, 2004), el mecanismo de barrido por acción del oleaje (Denny y Gaylord, 2002), movimiento y flujo de nutrientes (Denny y Roberson, 2002), y las variaciones del estipe asociado a la variación latitudinal (Matson y Edwards, 2006).

Las zonas donde se reporta la presencia de *E. arborea*, se caracterizan por ser ambientes abiertos de alta energía, con fuerte oleaje y gran influencia de marea (Shults y Herbst, 1938; Abbott y Hollenberg, 1976; Guzmán del Prío *et al.*, 1986; Dayton *et al.*, 1999; Hernández-Carmona *et al.*, 2001; Duggins *et al.*, 2003; Roberson y Coyer, 2004; Gaylord y Denny, 1997; Matson y Edwards, 2006).

En las costas de Baja California, México, existen mantos de *E. arborea*, los cuales no se han cuantificado. Sin embargo, se ha iniciado la explotación de los mismos de forma artesanal (Oc. Beamonte, comunicación personal 2005*), que consiste en la extracción de frondas o láminas mediante buceo autónomo o colectas manuales en lapsos de marea baja.

Aguilar-Rosas *et al.* (2005), reportan *E. arborea* dentro de Bahía San Quintín (BSQ), siendo un ambiente atípico para la especie, por ser una laguna somera, protegida del oleaje oceánico. Los organismos presentes en dicho ambiente se asocian y distribuyen directamente al canal de comunicación con el mar adyacente del lugar. Dichos organismos se distribuyen en tres diferentes sitios: Sustrato Artificial (SA), Intermareal (IM) y Submareal (SM). El primer sitio comprendió los flotadores de las balsas que se utilizan para el cultivo de ostión en la región, mientras que los dos restantes corresponden al sustrato natural de la laguna. Estos sustratos fueron considerados para la realización de ésta investigación.

Los organismos de *E. arborea* presentes en Bahía San Quintín, indican que es una especie capaz de sobrevivir en ambientes relativamente protegidos y en sustratos artificiales. Sin embargo, no existen estudios que permitan establecer su manejo y/o cultivo, lo que facilitaría su explotación sustentable.

Por lo anterior, ésta investigación intentará resolver algunas preguntas relacionadas al crecimiento, reproducción y efecto de cosecha sobre *E. arborea* dentro de Bahía San Quintín, con la finalidad de inferir las respuestas de la especie al medio y a su posible explotación racional.

{*Permisionario, "La Milpa" Central Naturista S.A. Ensenada, Baja California, México}

1.1 HIPÓTESIS

La población de *E. arborea* en los tres diferentes sustratos dentro de Bahía San Quintín, presenta un comportamiento similar en relación a la tasa de crecimiento, época reproductiva y tasa de regeneración.

2. OBJETIVOS

2.2 OBJETIVO GENERAL

- Caracterizar a *E. arborea*, presente en Sustrato Artificial, Intermareal y Submareal dentro de Bahía San Quintín.

2.3 OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar relaciones morfométricas de *E. arborea* en los tres diferentes sustratos.
- Evaluar y comparar la tasa de crecimiento para los diferentes sustratos.
- Determinar la época reproductiva.
- Evaluar y cuantificar la respuesta de regeneración de los organismos a la poda o cosecha.

3. MÉTODO

3.1 Área de Estudio

Los organismos de *E. arborea*, se localizaron en la costa Occidental de la Península de Baja California, México (Fig.1), en el interior de Bahía San Quintín, laguna costera localizada entre los 30° 24' y 30° 30' de latitud Norte y 115° 57' y 116° 01' de latitud Oeste.



Figura 1. Área de estudio y sitio de muestreo (+) para los organismos de *E. arborea*, en Bahía San Quintín, Baja California, México.

Dicha laguna se divide en dos porciones: al este Bahía San Quintín (BSQ) y al oeste Bahía Falsa (BF). El canal de comunicación con el mar adyacente, se mantiene permanentemente abierto con 15 m de profundidad (Adame-Hernández, 1983; Contreras, 1985; Camacho *et al.*, 2003; Aguilar-Rosas *et al.*, 2005; Jiménez-Hernández, 2005). La población de *E. arborea* considerada para este estudio se localizó al interior de Bahía Falsa, a 6.5 Km de distancia a la boca, junto al canal desde el intermareal hasta una profundidad de 6 m.

El área de estudio se caracteriza por una alta productividad, por los eventos de surgencias costeras del Sistema de la Corriente de California (SCC), lo que da como resultado la fertilización de la bahía de manera permanente, con aguas ricas en nutrientes del océano circundante, las cuales se propagan al interior de la bahía mediante las corrientes de marea. Los nutrientes son retenidos en el interior de la bahía, principalmente al ser consumidos por productores primarios (Ibarra-Obando *et al.*, 2000; Álvarez-Borrego, 2004; Camacho *et al.*, 2003).

Además de las surgencias y las corrientes de marea, en ésta laguna existen otros mecanismos naturales de fertilización, la remineralización de nutrientes en la columna de agua y la de los sedimentos resuspendidos por turbulencia (Álvarez-Borrego y Chee-Barragán, 1976; Camacho-Ibar y Álvarez-Borrego, 1988; Ibarra-Obando *et al.*, 2000; Álvarez-Borrego, 2004).

Las mareas son el motor principal de la circulación del agua en la laguna y explican hasta un 97 % de las corrientes medidas. La circulación residual esta

influenciada por la fricción del fondo y el forzamiento por viento causando corrientes remolinos, lo que afecta el intercambio de agua con el océano. Las mareas son predominantemente semidiurnas, con intervalos de 2.5 y 1.0 m en mareas vivas y muertas respectivamente (Martori-Oxamendi, 1989; Álvarez-Borrego, 2004; Angulo-Larios, 2006). Las corrientes de mareas en la boca llegan a alcanzar velocidades de 1 m s^{-1} y al interior de la laguna disminuyen a 0.6 m s^{-1} (Ocampo-Torres, 1980; Angulo-Larios, 2006).

3.2 Obtención de Datos

Los organismos de *E. arborea* con los que se trabajó, se localizaron en Bahía Falsa sobre tres diferentes sustratos: Substrato Artificial (SA), Intermareal (IM) y Submareal (SM). El primero comprendió los flotadores de las balsas utilizadas en el cultivo del ostión (Fig. 2a) y los dos restantes fueron ambientes "naturales" de la especie en la zona (Fig. 2b, c).



Figura 2. *E. arborea* en Bahía San Quintín: a) Sustrato Artificial (SA); b) Intermareal (IM); c) Submareal (SM).

Los datos morfométricos, de crecimiento y época reproductiva se obtuvieron mensualmente, mediante muestreos no destructivos, sobre organismos seleccionados aleatoriamente, los cuales se marcaron con una doble etiqueta, para poder asegurar su identificación (Fig. 3).



Figura 3. Doble marca sobre *E. arborea*, en Bahía San Quintín, B. C.

A las algas se les realizaron las siguientes mediciones morfométricas con una cinta métrica: **Longitud Total** (LT). De la superficie del pie de fijación hasta el final de la lámina más larga. **Longitud Estipe** (LE). De la superficie del pie de fijación hasta la base de la horqueta. **Longitud Horqueta** (LH). De la base de la horqueta hasta donde comienzan las láminas. **Grosor Estipe** (GE). A 1 cm por debajo de la dicotomía utilizando un vernier (Fig. 4).

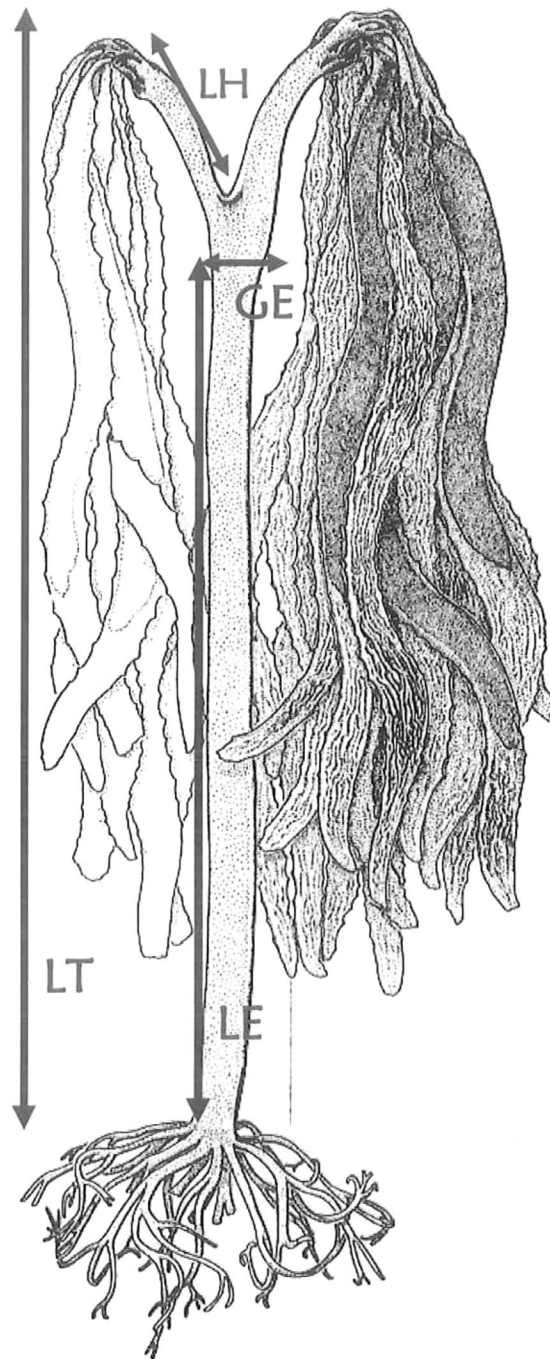


Figura 4. Representación gráfica de *E. arborea* indicando las mediciones consideradas en el presente trabajo: Longitud Total (LT), Longitud Estipe (LE), Longitud Horqueta (LH) y Grosor Estipe (GE) (Modificado de Abbott y Hollenberg, 1976).

La toma de datos en el Sustrato Artificial (SA) inició en el mes de junio de 2005; el Intermareal (IM) en julio del mismo año (durante periodos de mareas entre 50 y 30 cm) y el Submareal (SM), a partir del mes de diciembre del mismo año (mediante buceo autónomo). La toma de datos finalizó en el mes de junio de 2006 en los tres sustratos.

3.3 Medidas Máximas, Mínimas y Promedio de E. arborea

La distribución de tallas en los tres sustratos se determinó, con base en los datos morfométricos de los organismos totales presentes por mes. Se realizó estadística descriptiva para obtener los valores máximos, mínimos y promedios por sustrato.

3.4 Análisis Morfométrico

Se utilizó estadística multivariada, para hacer una comparación directa entre medidas morfométricas, estacionalidad y entre los diferentes sustratos (Adame-Hernández, 1983; Santamaría-del Ángel, 1994; Cid-Becerra, 2002; Terrádez-Gurrea, 2006).

Con las medidas morfométricas, se generó una matriz de correlación a la cual se le aplicó un Análisis de Componentes Principales (ACP), con ello se obtuvo el prototipo numérico morfológico, mediante Funciones Empíricas Ortogonales (FEO). Posteriormente se les aplicó un Análisis de Factor (AF) con el que se obtuvo el factor de mayor variabilidad común entre las medidas

(Adame-Hernández, 1983; Santamaría-del Ángel, 1994; Cid-Becerra, 2002; Terrádez-Gurrea, 2006).

Con los prototipos mensuales, se aplicó una rotación VARIMAX, para observar un máximo contraste entre los meses, e inferir la estacionalidad por los tres sustratos (Adame-Hernández, 1983; Santamaría-del Ángel, 1994; Cid-Becerra, 2002; Terrádez-Gurrea, 2006). La comparación entre sustratos, se realizó con los prototipos colectivos por sustrato.

El número de observaciones en el Sustrato Artificial fue de 104, Intermareal 26 y Submareal 23.

3.5 Tasa de Crecimiento en el Estipe

Se consideró estimar la tasa de crecimiento a partir de la Longitud Total (LT), Longitud Estipe (LE) y Grosor Estipe (GE). Debido a que la LT incluyó la fronda y esta fue vulnerable a erosión durante todo el muestreo, los resultados de crecimiento no representaron adecuadamente el desarrollo de las algas. Por tal motivo, solo se consideraron los datos de LE y GE.

Se evaluó por separado a los organismos juveniles de los adultos, con la finalidad de observar diferencias de crecimiento entre ellos. Se consideraron como adultos aquellas plantas que mostraron una bifurcación con una horqueta claramente diferenciada. Al resto de las algas se les consideraron juveniles.

La tasa de crecimiento específico (μ), se determinó mediante la ecuación propuesta por DeBoer *et al.* (1978), para estudios de muestreos no destructivos:

$$\mu = (\ln (N_t / N_0)) 100 / t \quad (1)$$

Donde N_0 es la biomasa inicial y N_t es la biomasa adquirida en el tiempo (t). Los datos obtenidos se reportaron en incremento en talla (% cm día⁻¹).

Para el cálculo del área se utilizó la ecuación modificada por Pereira *et al.* (2004), quienes consideran el crecimiento asociado al incremento en el área (α), con base en el área del círculo.

$$\alpha = ((\pi / n) * (D_i / 2)^2) \quad (2)$$

Se realizó una modificación a la ecuación de Pereira (*op.*) asumiendo que el estipe de *E. arborea* es un cilindro, se calculó μ a partir de las diferencias en volumen de un cilindro, sustituyendo el diámetro por el Grosor Estipe (GE) y agregando la altura Longitud Estipe (LE).

$$\textcircled{C} = ((\pi) * (GE / 2)^2) (LE) \quad (3)$$

Donde: \textcircled{C} es el incremento en el volumen del cilindro, GE es el diámetro y LE es la altura. Los datos obtenidos se reportan a partir de las diferencias en longitud cm (% día⁻¹), área cm² (% día⁻¹) y volumen cm³ (% día⁻¹).

3.6 Tendencia Reproductiva

Mensualmente a partir de septiembre de 2005 se observó la condición reproductiva en organismos de cada sustrato. Para ello se consideró sólo a organismos adultos. Se hicieron observaciones sobre las láminas tratando de localizar la presencia de tejido reproductivo o manchas esporangiales (Shults y Herbts, 1938; Hollenberg, 1939; Schiel y Foster, 2006; Graham y Wilcox, 2000), las cuales se detectaron mediante la diferencia de coloración (Fig. 5). Los valores obtenidos se reportan en porcentaje de organismos reproductivos contra el total de organismos muestreados.

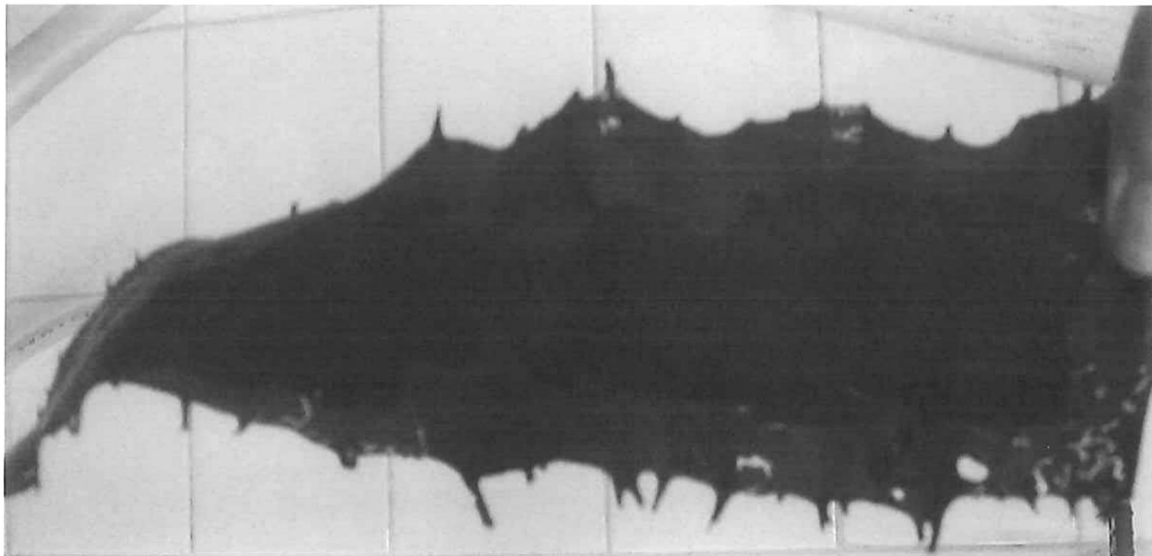


Fig. 5. Mancha esporangial en el centro (oscura).

3.7 Efecto de Cosecha

Para evaluar la capacidad de regeneración de las frondas después de su cosecha, se realizaron dos tipos de cortes; poda de una fronda y poda de ambas frondas, en organismos adultos del Sustrato Artificial (SA) e Intermareal (IM).

En el SA se consideraron 130 organismos, de los cuales a 62 se les cortó una fronda, a 48 ambas frondas y los 20 restantes se dejaron como control. En el IM se cosecharon 40 organismos, a 16 se les corto una fronda y a 16 ambas frondas, los ocho restantes se mantuvieron como control. Se realizó un seguimiento mensual para estimar el tiempo de regeneración en relación al tipo de corte y su tiempo de respuesta.

4. RESULTADOS

4.1 Medidas Máximas, Mínimas y Promedio de *E. arborea*

En el Sustrato Artificial (SA) se observó dominancia de tallas entre los 10 y los 30 cm de longitud durante todos los meses de muestreo. Las algas con mayor longitud se localizaron en octubre y abril con tallas de 60 cm. Se detectaron nuevos reclutas en los meses de enero y febrero de 2006 con algas que presentaron longitudes de 5 cm. De manera general la Longitud Estipe (LE) dominante o característica para este sustrato fue de 20 cm (Tabla I).

Tabla I. Número de organismos por mes en los diferentes sustratos: Artificial (SA), Intermareal (IM) y Submareal (SM) para *E. arborea* de Bahía San Quintín. Medidas morfológicas: Longitud Total (LT), Longitud Estipe (LE) y Grosor Estipe (GE) cm.

MESES	No. Org	SUSTRATO ARTIFICIAL								
		Promedio			Máximo			Mínimo		
		LT	LE	GE	LT	LE	GE	LT	LE	GE
JUNIO 2005	391	65	14	1.3	139	64	4.2	11	1	0.1
JULIO	334	70	17	1.6	146	60	4.5	13	2	0.3
SEPTIEMBRE	266	74	21	1.8	152	51	3.9	9	4	0.4
OCTUBRE	218	74	21	1.9	126	57	3.6	14	3	0.6
DICIEMBRE	204	71	22	2.1	119	58	3.5	21	6	0.8
ENERO 2006	173	80	23	2.2	145	62	3.6	14	0.7	0.2
FEBRERO	176	80	21	2.1	146	59	3.6	13	1	0.1
MARZO	161	78	20	2.1	146	55	3.8	11	1	0.3
ABRIL	180	71	19	1.9	144	66	4.1	11	1	0.2
JUNIO 2006	119	84	21	2.1	146	60	3.9	30	6	0.6
PROMEDIO	222	75	20	1.9	141	59	3.9	15	3	0.4

Continuación Tabla 1

INTERMAREAL											
MESES	No. Org	Promedio			Máximo			Mínimo			
	IM	LT	LE	GE	LT	LE	GE	LT	LE	GE	
JULIO 2005	63	70	13	1.4	120	31	2.9	12	2	0.3	
SEPTIEMBRE	56	58	14	1.5	106	36	2.7	20	4	0.3	
OCTUBRE	59	58	14	1.5	98	47	2.8	15	5	0.2	
DICIEMBRE	57	51	14	1.6	81	44	2.8	21	4	0.6	
ENERO 2006	53	53	14	1.5	74	51	2.5	23	4	0.7	
FEBRERO	52	43	13	1.3	79	45	2.4	19	4	0.4	
MARZO	47	23	10	1.2	62	45	4	5	1	0.1	
ABRIL	37	25	10	1.1	59	45	2.3	12	1	0.2	
JUNIO 2006	10	25	15	1.3	25	46	1.6	25	4	1	
PROMEDIO	48	45	13	1.4	78	43	2.7	17	3	0.4	

SUBMAREAL											
MESES	No. Org	Promedio			Máximo			Mínimo			
	SM	LT	LE	GE	LT	LE	GE	LT	LE	GE	
DICIEMBRE 2005	35	73	24	1.8	122	39	2.5	21	11	0.8	
ENERO 2006	22	84	25	1.7	117	37	2.6	41	14	0.7	
FEBRERO	26	67	26	2	131	41	2.9	23	13	0.9	
MARZO	23	49	25	1.9	93	42	2.7	13	13	1.2	
ABRIL	21	83	26	2	140	43	2.7	18	14	1.2	
JUNIO 2006	20	68	25	1.9	143	43	3	15	15	1.1	
PROMEDIO	25	71	25	1.9	124	41	2.7	20	13	1	

En el Intermareal (IM) se observó una dominancia de tallas entre los 10 y 15 cm, tal tendencia se mantuvo a lo largo del muestreo. Para enero de 2006 se observó reclutamiento. Sólo en este sustrato se observaron organismos con tallas menores de 5 cm durante todo el muestreo (Tabla 1).

En el Submareal (SM), las tallas dominantes estuvieron entre los 20 y 35 cm aunque no se observó un patrón definido en relación a la estacionalidad. La menor talla fue de 10 cm (Tabla 1).

De manera general el Sustrato Artificial (SA), presentó las máximas tallas promedio para Longitud Total (LT), Longitud Estipe (LE) y Grosor Estipe (GE); 141 cm, 59 cm, 3.9 cm respectivamente. Mientras que las menores tallas se

observaron en el Intermareal (IM), con una LT de 78 cm y LE de 43 cm, para el caso del GE, la menor talla fue similar en IM y Submareal (SM) con 2.7 cm.

Al revisar los valores mensuales para cada sustrato, se observan diferencias en las talla a lo largo del muestreo. La variación para el Sustrato Artificial (SA), de Longitud Total (LT) fue de 9 a 152 cm, Longitud Estipe (LE) de 0.7 a 66 cm, y el Grosor Estipe (GE) de 0.1 a 4.5 cm. Mientras que para el Intermareal (IM), la variación de Longitud Total (LT) fue de 5 a 120 cm, Longitud Estipe (LE) de 1 a 51 cm, y el Grosor Estipe (GE) varió entre 0.1 a 4.0 cm. Para el Submareal (SM) la variación de Longitud Total (LT) fue de 13 a 143 cm, Longitud Estipe (LE) de 11 a 43cm y para el Grosor Estipe (GE) fue de 0.7 a 3.0 cm.

4.2 Análisis Morfométrico

A partir de las Funciones Empíricas Ortogonales (FEOs), se seleccionó al primer componente como prototipo morfométrico, con base en el supuesto que el primero, es la mejor combinación lineal de los caracteres analizados y que expresa la mayor proporción de variabilidad del modelo (Adame-Hernández, 1983; Santamaría-del Ángel, 1994; Cid-Becerra, 2002; Terrádez-Gurrea, 2006).

Las asociaciones o relaciones morfométricas, demuestran que la variabilidad de la Longitud Total (LT) y Grosor Estipe (GE) mostraron una asociación más estrecha debido a que el ángulo de separación que se observa

entre ellas es menor. Por otra parte, las líneas fueron de igual magnitud, lo que significa que la variabilidad interna para cada medida morfométrica fue similar (Fig. 6).

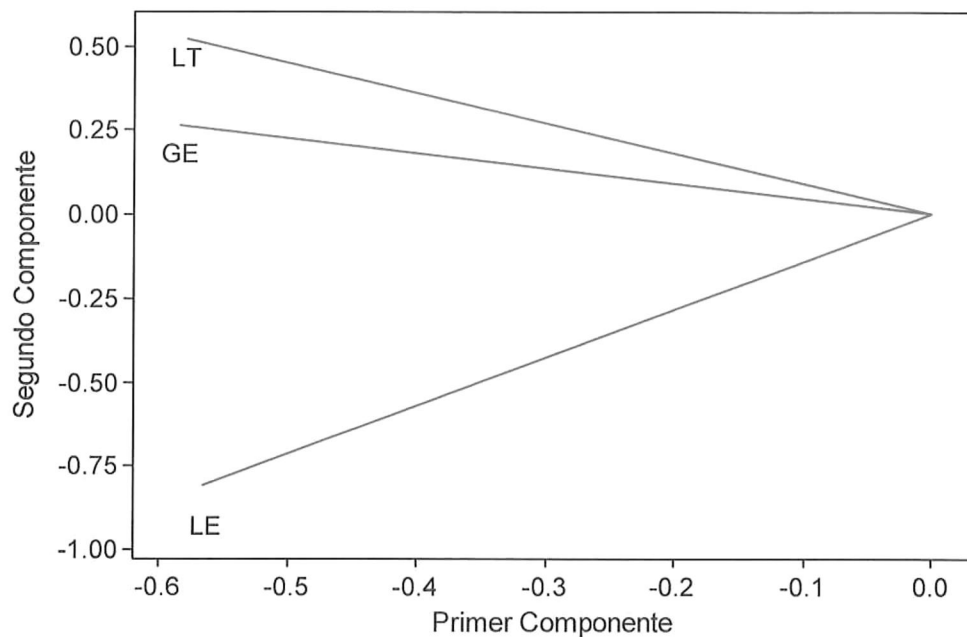


Figura 6. Análisis de Factor (AF) compuesto por el componente I y II, para la variabilidad común entre Longitud Total (LT), Longitud Estipe (LE) y Grosor Estipe (GE) de *E. arborea*, en Bahía San Quintín.

La aproximación matemática del Análisis de Componentes Principales (ACP), realizada para inferir las relaciones morfométricas, evidenció una asociación directa entre las variables consideradas; Longitud Total (LT), Longitud Estipe (LE) y Grosor Estipe (GE). De los componentes calculados, se seleccionó el PC1, debido a que fue el más significativo con una variabilidad explicada del 65.5% y con un eigenvalor de 1.96. Las medidas morfométricas muestran una asociación directa, sin embargo no se pudo inferir el grado y tipo de asociación que presentan.

En la aproximación gráfica del Análisis de Factor (AF) para el Sustrato Artificial (SA), se observan dos grupos principales de asociaciones directas entre los meses, los cuales fueron: 1) Junio-Julio-Septiembre 2005 y 2) Marzo-Abril 2006, debido a que presentaron ángulos de separación similares entre ellos (Fig. 7). La magnitud de las líneas es diferente, lo que representa variabilidad interna para los meses. Los meses con menor variabilidad fueron, junio, octubre y diciembre de 2005, para el 2006 fueron enero, febrero y junio; los meses restantes muestran una variabilidad interna mayor.

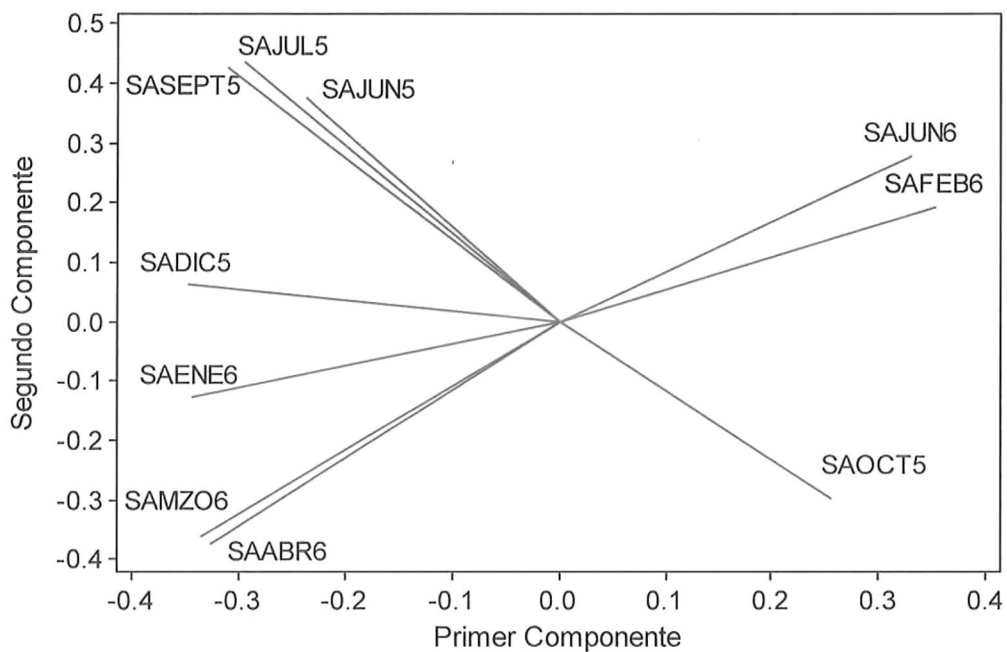


Figura 7. Análisis de Factor (AF) compuesto por el componente I y II, muestra la variabilidad común entre los meses muestreados en el Sustrato Artificial (SA) dentro de Bahía San Quintín.

En la aproximación matemática del Análisis de Componentes Principales (ACP), se observó una asociación directa entre los meses de junio-julio-septiembre 2005, diciembre 2005-enero 2006 y marzo-abril 2006. Estas

observaciones se infirieron con base en el PC2, debido a que resultó ser el más representativo ya que presentó una variabilidad acumulada del 84.4%, con un eigenvalor de 1.36.

En el caso del Intermareal (IM) la aproximación gráfica del Análisis de Factor (AF), no mostró asociaciones directas entre los meses, sólo permitió asociar diciembre de 2005 y marzo de 2006, así como con el mes de octubre de 2005 y enero de 2006, en relación al ángulo de separación entre ellos, aunado a la magnitud de las líneas, las cuales se pueden observar que son diferentes, lo que sugiere una alta variabilidad interna por mes en dicho ambiente (Fig. 8).

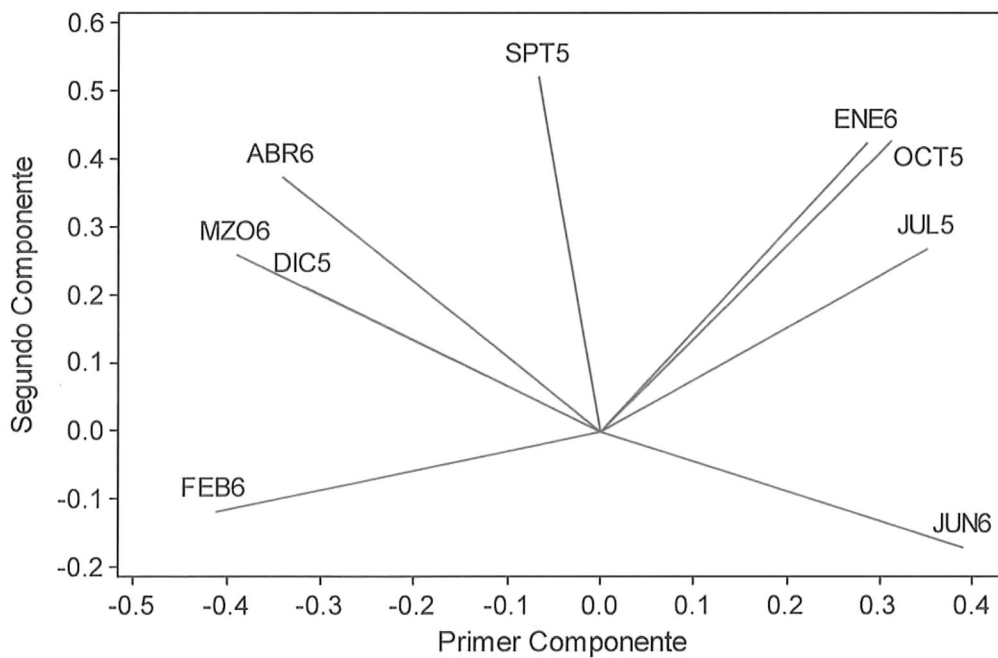


Figura 8. Análisis de Factor (AF) compuesto por el componente I y II, muestra la variabilidad común entre los meses muestreados para el Intermareal (IM) dentro de Bahía San Quintín.

En la aproximación matemática del Análisis de Componentes Principales (ACP), no se observaron asociaciones directas evidentes con base al PC2, el

cual presentó una variabilidad acumulada de 77.6 % con un eigenvalor de 2.31, comportamiento similar al obtenido en el Análisis de Factor (AF).

Por último, en la aproximación gráfica para el Submareal (SM), todos los meses muestreados presentaron una asociación directa, aunado a que se observan dos agrupaciones principales las cuales son: Enero-febrero-marzo, y abril-junio (Fig. 9).

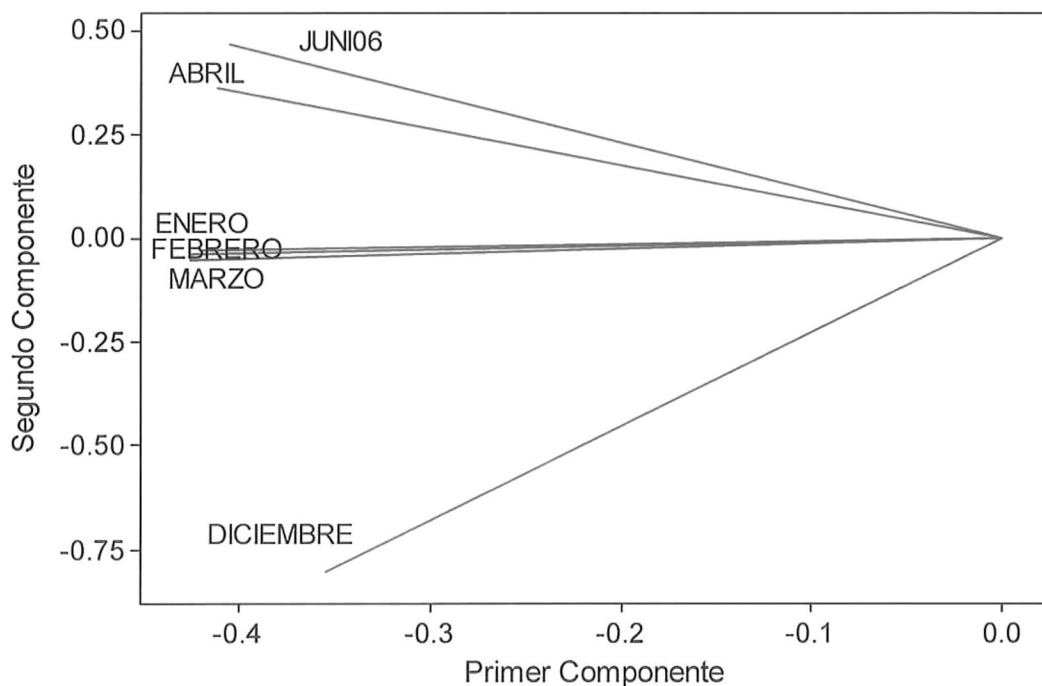


Figura 9. Análisis de Factor (AF) compuesto por el componente I y II, muestra la variabilidad común entre los meses muestreados para el Submareal (SM) dentro de Bahía San Quintín.

Para la aproximación matemática del Análisis de Componentes Principales (ACP), se observaron las mismas asociaciones directas, las cuales se infirieron a partir del PC1 el cual explicó el 86.5% de variabilidad acumulada y un eigenvalor de 5.18.

Los resultados para las asociaciones entre sustratos, a partir de la aproximación gráfica del AF, mostraron que dichos sustratos no tienen ninguna asociación directa, aunado a que las magnitudes de las líneas son diferentes, lo que permitió sugerir que los sustratos son diferentes. El Intermareal (IM) muestra una menor dispersión en comparación con los sustratos Artificial y Submareal (Fig. 10).

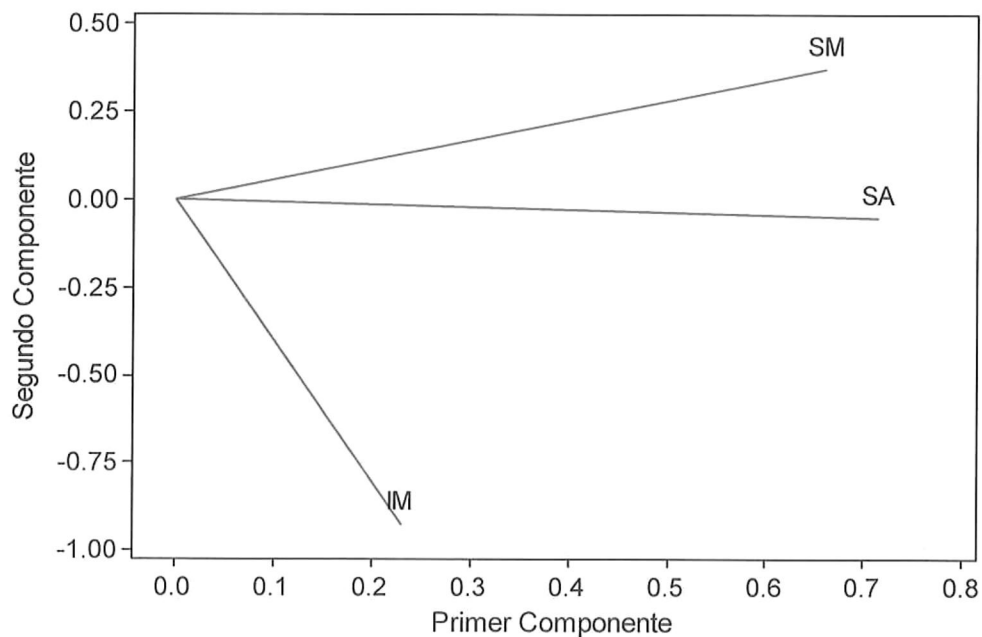


Figura 10. Análisis de Factor (AF) compuesto por el componente I y II, muestra la variabilidad común entre los sustratos dentro de Bahía San Quintín.

Para la aproximación matemática, los resultados del Análisis de Componentes Principales (ACP) evidenciaron que dichos ambientes no tienen ninguna asociación directa y por lo tanto son diferentes. Lo anterior con base en el PC2, el cual presentó el 75.0% de variabilidad acumulada con un eigenvalor superior a 1.01.

4.3 Tasa de Crecimiento en el Estipe

Al analizar el crecimiento específico ($\% \text{ día}^{-1}$) en relación a la diferencia en talla (cm) de los organismos, se encontró que el máximo crecimiento promedio se presentó en los organismos juveniles del Submareal (SM) [$0.3\% \text{ día}^{-1}$ en Longitud Estipe (LE) y $0.4\% \text{ día}^{-1}$ en Grosor Estipe (GE)]. Al considerar el crecimiento mensual, en organismos juveniles del Sustrato Artificial (SA), en julio 2005 presentaron el máximo crecimiento, tanto en grosor como en longitud estipe, el cual fue de $1.3\% \text{ día}^{-1}$. Por otro lado, en el Intermareal (IM) la tasa de crecimiento específico presentó valores negativos (Tabla II). El único sustrato que presentó una tasa de crecimiento promedio con valor positivo en organismos adultos fue el Sustrato Artificial.

Tabla II. Tasa de crecimiento específico, considerando diferencias en talla (% día⁻¹) de Longitud Estipe (*LE) y Grosor Estipe (*GE) para *E. arborea* en los diferentes sustratos en Bahía San Quintín.

TASA CRECIMIENTO ESPECÍFICO	SUSTRATO ARTIFICIAL				INTERMAREAL				SUBMAREAL			
	(n=104)				(n=26)				(n=23)			
	Juvenil		Adulto		Juvenil		Adulto		Juvenil		Adulto	
	LE	GE	LE	GE	LE	GE	LE	GE	LE	GE	LE	GE
JULIO 2005	1.3	1.3	0.7	0.4								
SEPTIEMBRE	0.5	0.5	0	0.1	-0.2	0.2	0.1	-0.1				
OCTUBRE	0.2	0.5	0.4	0	0.2	-2.3	0	0.1				
DICIEMBRE	0.1	0.1	-0.1	0	0.3	1.9	0	0.1				
ENERO2006	0.1	0.3	0.2	0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.4	0.5	0.1	-0.1	-0.6
FEBRERO	-0.1	0.1	-0.2	0	0	0.5	0.1	-0.2	0.7	0.7	0	0.9
MARZO	0	0	0.1	-0.1	0.7	-2.7	-0.2	-0.2	0	0	0	-0.2
ABRIL	0	0	0.1	-0.1	0	0	-0.3	-0.2	0.1	1	0	0.1
JUNIO2006	-0.1	0	0	-0.1	0	0	0	-0.1	0.1	0	0	0
PROMEDIO	0.2	0.3	0.1	0	0.1	-0.3	-0.1	-0.1	0.3	0.4	0	0

* LE y GE en cm

Se observó que los valores promedio del crecimiento específico ($\% \text{ día}^{-1}$) en área (cm^2), de los organismos juveniles del Sustrato Artificial (SA) y Submareal (SM) presentaron un valor similar de $0.6\% \text{ día}^{-1}$, mientras que el intermareal mantuvo la tendencia de valores negativos o decrecimiento tanto en organismos adultos como juveniles (Tabla III).

El crecimiento específico ($\% \text{ día}^{-1}$) en volumen (cm^3), presentó un comportamiento similar a lo descrito en relación al área, sin embargo, el crecimiento de los organismos juveniles en el Intermareal (IM) fue diferente, ya que no se observan valores negativos, para dicha aproximación se consideraron Longitud Estipe (LE) y Grosor Estipe (GE) (Tabla IV).

Los organismos adultos y juveniles en el Sustrato Artificial (SA), presentaron una tendencia similar. Los juveniles mostraron sus máximos valores de crecimiento para julio, septiembre y octubre del 2005, posteriormente se observó un decremento de la tasa de crecimiento para finales del periodo de muestreo (Fig. 11). Cabe señalar que este sustrato es el único que presentó valores positivos de crecimiento para organismos adultos.

Para el Intermareal (IM), los organismos adultos mostraron valores de crecimiento nulo o negativo, mientras que los juveniles presentaron un comportamiento errático (Fig. 11). En el Submareal (SM), se observó una alta variabilidad en la tasa de crecimiento, sin un patrón definido (Fig. 11).

Tabla III. Tasa de crecimiento específico (% día⁻¹) reportada en área (cm²) para el Estipe para *E. arborea* en los tres diferentes sustratos en Bahía San Quintín.

TASA CRECIMIENTO ESPECÍFICO	SUSTRATO ARTIFICIAL		INTERMAREAL		SUBMAREAL	
	(n=104)		(n=26)		(n=23)	
% día ⁻¹	Juvenil	Adulto	Juvenil	Adulto	Juvenil	Adulto
JULIO 2005	2.4	0.7				
SEPTIEMBRE	1	0.1	0.7	-0.3		
OCTUBRE	0.5	0	-4.7	-0.1		
DICIEMBRE	0.6	0	7.7	0.2		
ENERO2006	0.8	0.4	-0.5	-0.8	0.2	-1.3
FEBRERO	0.3	0.1	1	-0.5	0.7	0.9
MARZO	0.1	-0.1	-5.4	-0.5	0	-0.2
ABRIL	0	0.1	0	-0.4	1.9	-0.2
JUNIO2006	0.1	-0.1	0	-0.4	0	0
PROMEDIO	0.6	0.1	-0.2	-0.4	0.6	-0.2

Tabla IV. Tasa de crecimiento específico (% día⁻¹) reportada en volumen (cm³) para el Estipe de *E. arborea* en los tres diferentes sustratos dentro de Bahía San Quintín.

TASA CRECIMIENTO ESPECÍFICO	SUSTRATO ARTIFICIAL		INTERMAREAL		SUBMAREAL	
	(n=104)		(n=26)		(n=23)	
% día ⁻¹	Juvenil	Adulto	Juvenil	Adulto	Juvenil	Adulto
JULIO 2005	3.7	1.4				
SEPTIEMBRE	1.5	0.1	-0.9	-0.2		
OCTUBRE	1.3	0.3	-2.3	0.1		
DICIEMBRE	0.4	-0.1	10.5	0.3		
ENERO2006	0.9	0.6	-0.3	-0.5	0.7	-1.4
FEBRERO	0.2	-0.1	1	-0.4	2.2	1.7
MARZO	0.1	-0.1	-6.2	-0.7	0	-0.5
ABRIL	-0.1	0	0	-0.6	2	-0.1
JUNIO2006	0	0.1	0	-0.4	-0.1	0
PROMEDIO	0.9	0.2	0.2	-0.3	1	-0.1

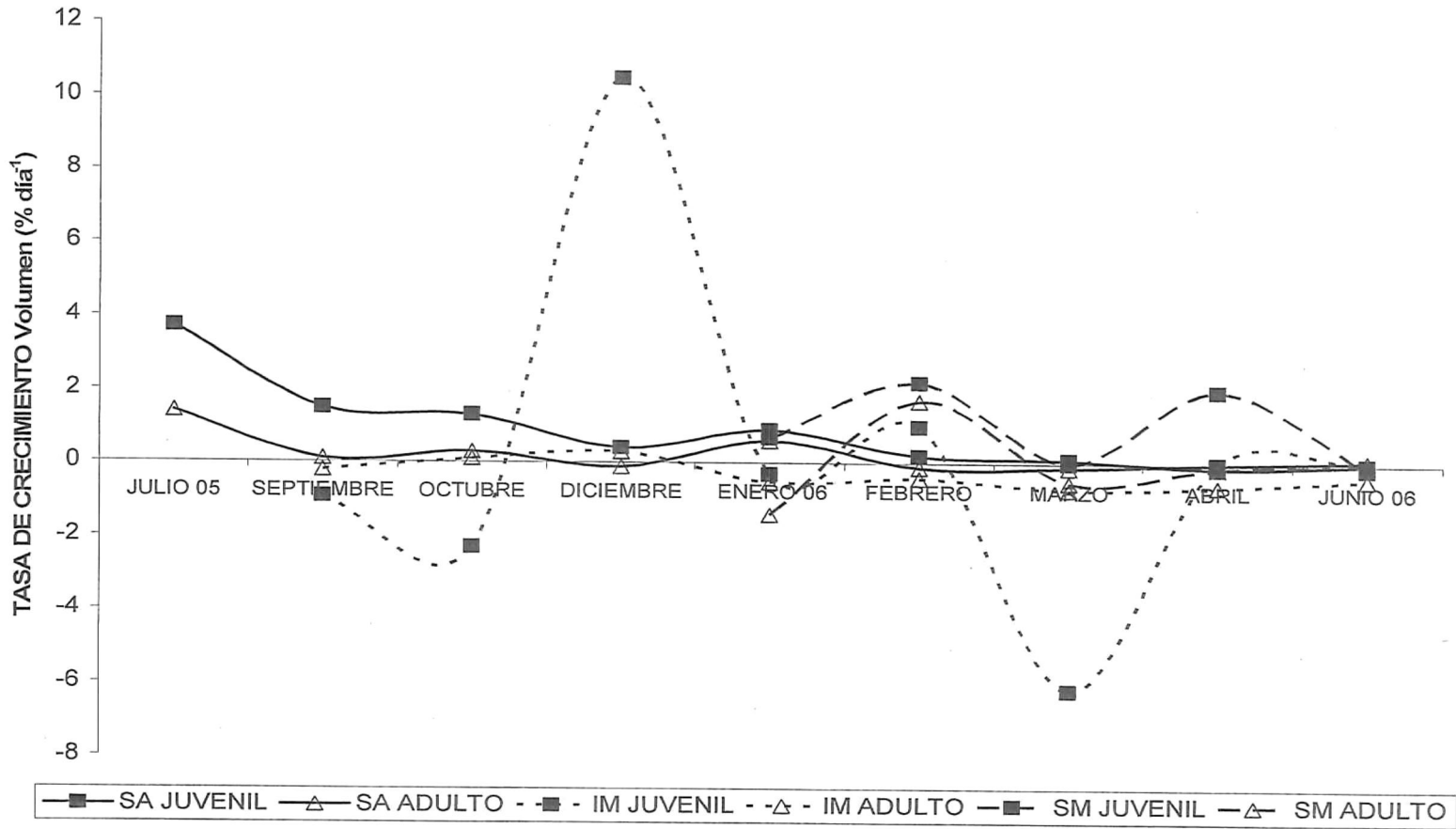


Figura 11. Tasa de crecimiento específico (% día⁻¹) en volumen (cm³) para el Estipe en organismos adultos y juveniles en los tres sustratos: Sustrato Artificial (SA), Intermareal (IM) y Submareal (SM).

4.4 Tendencia Reproductiva

Los tres ambientes presentaron comportamientos reproductivos diferentes. En el Sustrato Artificial (SA) más del 20% de los organismos tuvieron tejido reproductor durante todo el periodo de muestreo (Fig. 12). En el Intermareal (IM), sólo se presentaron soros entre septiembre y diciembre de 2005 con valores inferiores al 15%. Y en el Submareal (SM) se observaron soros en cuatro de los seis muestreos pero de manera discontinua (diciembre, febrero, abril y junio). Siendo diciembre el mes con mayor presencia de tejido reproductivo (60%) (Fig. 12).

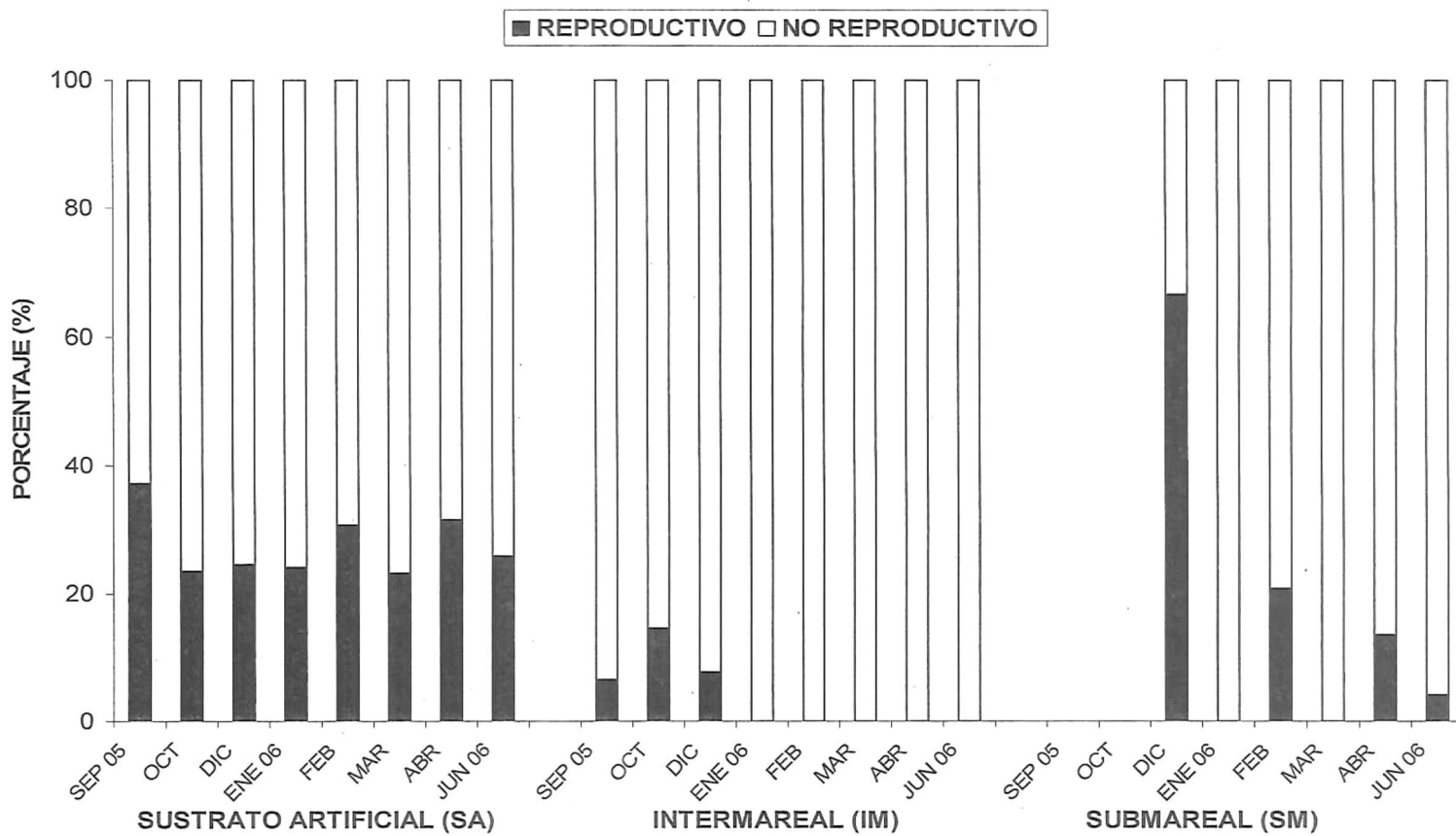


Figura 12. Porcentaje de organismos reproductivos vs. no reproductivos para *E. arborea* en los tres ambientes considerados dentro de Bahía San Quintín, Sustrato Artificial (SA), Intermareal (IM) y Submareal (SM).

4.5 Respuesta de Cosecha

La respuesta de regeneración de *E. arborea* a la cosecha, fue menor a lo esperado. Sólo se observó en el Sustrato Artificial (SA). Las algas cosechadas en el Intermareal (IM) se perdieron por la degradación que presentaron los organismos.

Del total de las algas cosechadas en el Sustrato Artificial (SA), sólo se pudieron recuperar 18 organismos (Figs. 13a-c, 14a-d y 15a-c), los cuales, en su mayoría presentaron incipiente regeneración de las láminas (menores a 10 cm). Sólo un organismo presentó regeneración con láminas de 35 cm (Fig. 15 a), el resto de los organismos se perdieron por la actividad antropogénica relacionada al cultivo del ostión.

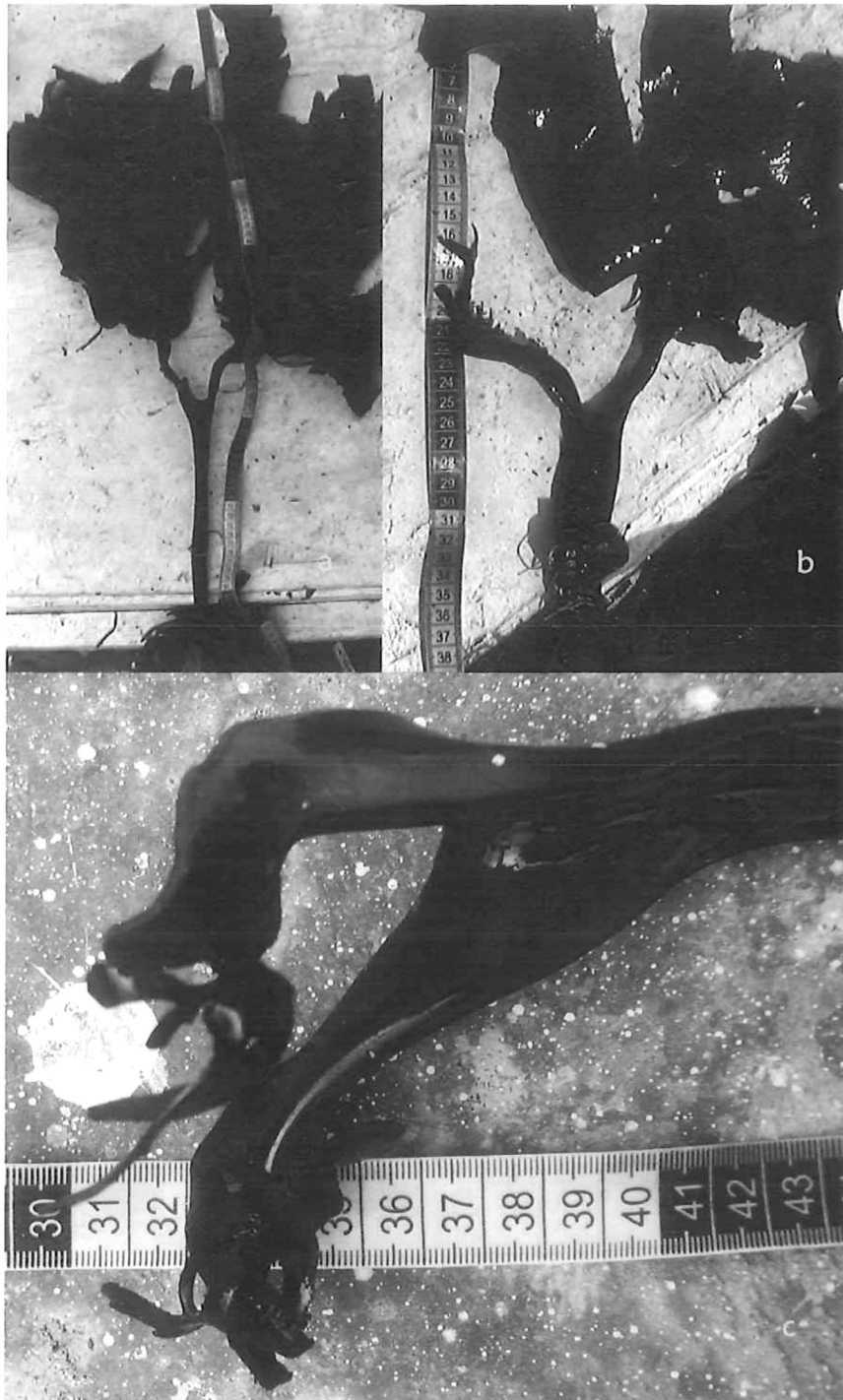


Figura 13. Respuesta al efecto de cosecha de los organismos de *E. arborea* presentes en el SA. a) Organismo Control; b) Regeneración Corte 1; c) Regeneración Corte 2.

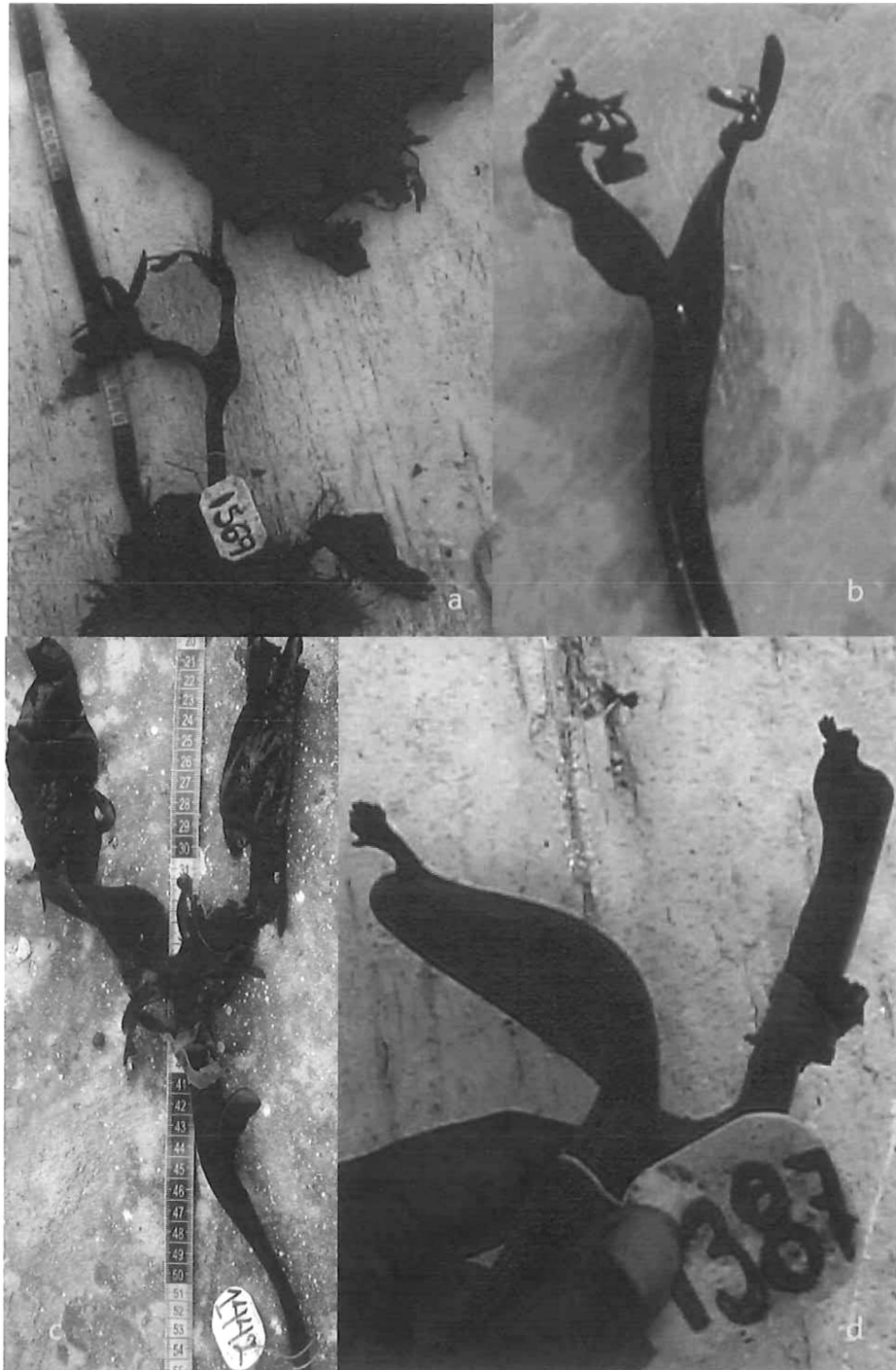


Figura 14. Diferente respuesta de regeneración en organismos de *E. arborea* presentes en el SA. a) Regeneración corte 1; b) Regeneración incipiente corte 2; c) Organismo sin regeneración corte 1; d) Inicio regeneración corte 2.

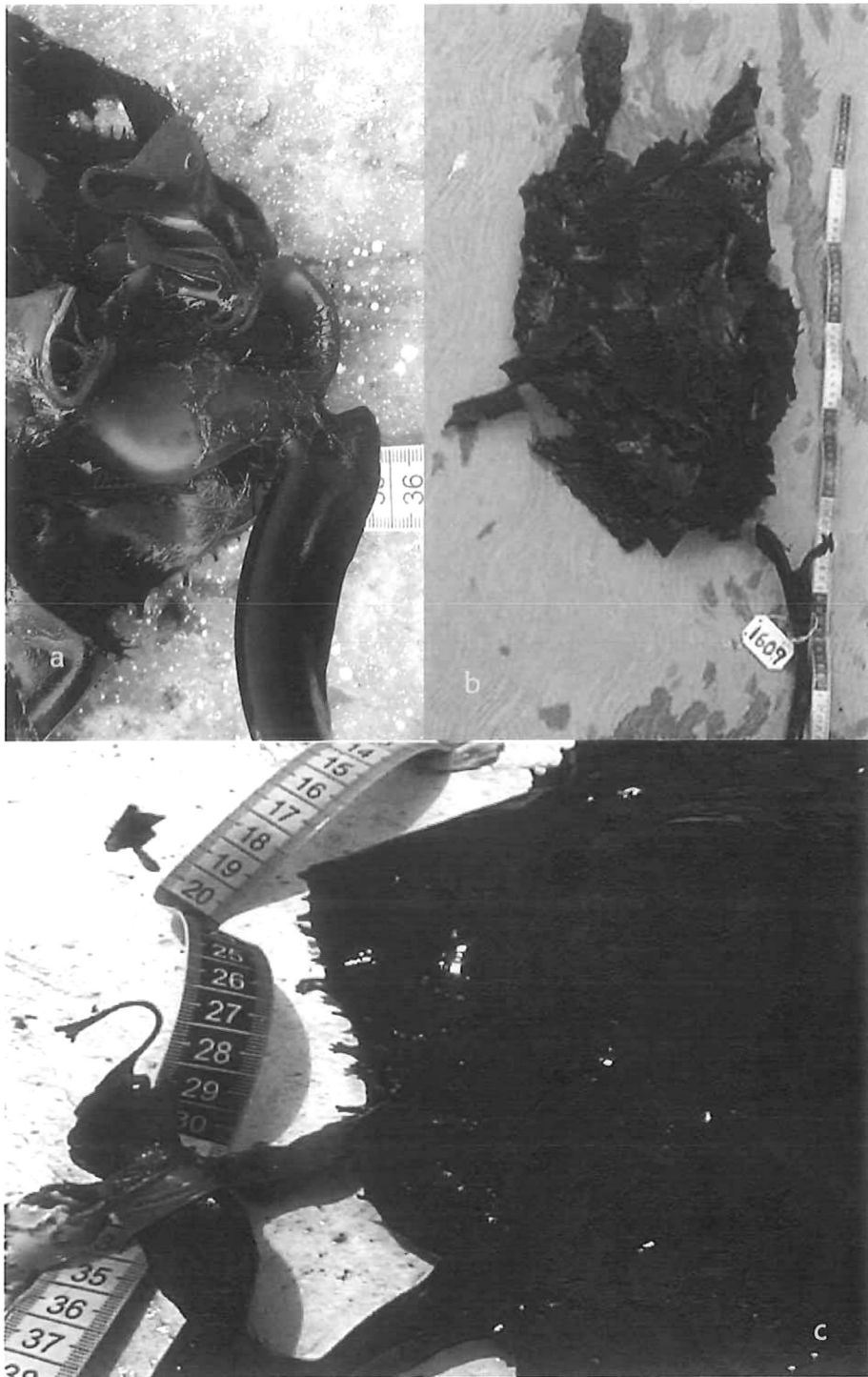


Figura 15. Diferente respuesta de regeneración en organismos de *E. arborea* presentes en el SA. a) Regeneración evidente; b) Regeneración incipiente corte 1; c) Inicio de regeneración corte 1.

5. DISCUSIÓN

La población de *E. arborea* en Bahía San Quintín (BSQ) presentó un comportamiento diferente en relación a la tasa de crecimiento, época reproductiva y tasa de regeneración en los tres sustratos considerados, por lo que la hipótesis de esta investigación se rechaza.

Lo anterior se sustenta con base al Análisis de Componentes Principales (Fig. 10), lo cual permitió inferir que el comportamiento de las medidas morfológicas de *E. arborea* en los tres sustratos fue diferente. El mismo patrón se presentó en la tasa de crecimiento específico (Tabla II) y en la época reproductiva donde la respuesta en cada sustrato fue diferente (Fig. 12).

En relación a las medidas máximas, mínimas y promedio de *E. arborea* en el presente trabajo, evidenció que los tres ambientes se comportan de manera diferente, el intermareal presentó las tallas menores, mientras que en el submareal se observaron las tallas máximas, lo que permite concluir que existe una alta variabilidad morfológica en dicha especie.

La alta variabilidad morfológica entre las medidas consideradas no permitió obtener el índice de asociación. Aún cuando el Análisis de Componentes Principales (ACP), mostró asociaciones directas, no permitió inferir el grado o tipo de asociaciones. Dicha variabilidad es inminente entre sustratos, pero también al interior de cada uno de ellos debido a la diferencia de tallas a lo largo del muestreo. Roberson y Coyer (2004) llegan a una conclusión similar, al sugerir que la variación morfológica en láminas y estipe de *E.*

arborea, son parte de una adaptación de los organismos al movimiento local del agua, y esto genera la alta diversidad morfológica para la especie.

Esta es una característica particular de los sargazos (Phaeophyceae, Laminariales), los cuales se caracterizan por presentar variaciones morfológicas como respuesta a condiciones ambientales locales (Duggins *et al.*, 2003; Roberson y Coyer, 2004; Matson y Edwards, 2006). Los organismos de *E. arborea* dentro de BSQ no fueron la excepción, ya que se encontraron diferencias morfológicas para los tres sustratos.

Al observar la tasa de crecimiento específico en los tres sustratos, se evidenció mayor incremento en juveniles en comparación con los adultos y esto se debe a que su desarrollo presenta cambios en relación a la edad (Lüning, 1990; Lobban y Harrison, 1994; Begon *et al.*, 1996; Jennings *et al.*, 2001). Este patrón se reporta en *Laminaria digitata*, donde se detectó mayores velocidades de crecimiento en ejemplares jóvenes en poblaciones naturales y en cultivo (Pérez, 1971; Gómez y Lüning, 2001).

En el caso del Sustrato Artificial (SA), se presentó una disminución en la tasa de crecimiento en los organismos juveniles, de junio a diciembre. Después de estos seis meses se observó que el crecimiento fue similar a los organismos adultos. Este resultado es similar al que reportan Dayton *et al.* (1999), donde los organismos de *E. arborea* presentaron la bifurcación después de 6-8 meses.

La mejor estimación de crecimiento en el presente trabajo fue el volumen, ya que consideró la variación proporcional de la Longitud (LE) y

Grosor del Estipe (GE). Por lo tanto, considerar el crecimiento en base al volumen del cilindro, es una aproximación más real para *E. arborea*, tanto en adultos como en juveniles. Esto demuestra que el estipe sigue creciendo tanto en grosor como en altura.

Dayton *et al.* (1999), reportan que *E. arborea* en la costa de California, presenta diferencias en crecimiento a distintas profundidades; organismos a 8 m de profundidad mostraron un crecimiento de casi el doble en comparación con aquellos localizados a 15 y 23 m de profundidad. De manera similar, en San Quintín, los organismos adultos del Sustrato Artificial (SA) crecieron en promedio más que los del Submareal (SM) (Tabla IV). La reducción del crecimiento tan drástica en San Quintín a pesar de ser un ambiente muy somero, se debe posiblemente a la alta turbidez. Aunque no se hicieron mediciones de luz o turbiedad, al efectuar los buceos en el Submareal, se pudo constatar que la visibilidad con frecuencia era menor a un metro.

Sin embargo, la estimación del crecimiento a partir del estipe no es la más apropiada para aplicar en poblaciones de *E. arborea* que pretende explotarse comercialmente, debido a que la extracción del recurso se centra sobre las láminas. Con ello, la recomendación, sería aplicar el modelo de biomasa con área constante propuesto por Tala y Edding (2007), el cual considera la producción neta del tejido distal ($\text{g lámina}^{-1} \text{ día}^{-1}$), donde se integra la elongación, biomasa y erosión de la lámina. Esta aproximación quizás permita obtener una estimación más efectiva del crecimiento utilizando las láminas, como se ha demostrado en algunas Laminariales [*Laminaria*

saccharina (Brinkhuis, 1985), *Laminaria digitata* (Lünning *et al.* 2000), *Ecklonia radiata* (Brinkhuis, 1985)].

El comportamiento reproductivo en algas pardas, se asocia directamente a la luz (Neushul, 1977; Lee, 1984). Dayton *et al.* (1999), reportaron que *E. arborea* a profundidades < 8 m producen más esporofilos en comparación a organismos presentes a profundidades >15 m. Para Bahía San Quintín *E. arborea* presentó un comportamiento similar; las algas con mayor disponibilidad de luz (Sustrato Artificial) mostraron soros durante todo el periodo de muestreo. El Intermareal (IM) presentó tejido reproductivo en un período de septiembre a diciembre de 2005. Este comportamiento es habitual en Laminariales del intermareal, las cuales presentan periodos de reproducción puntuales o estacionales, debido a que están sujetas a estrés por luz, temperatura y desecación (Schiel y Foster, 2006). El Submareal (SM) presentó un pico máximo reproductivo del 60% para el mes de diciembre de 2005, similar a lo que se ha observado en organismos presentes en dicho ambiente, tales como *M. pyrifera* y *Ecklonia maxima* (Osbeck) Papenfuss 1940, las cuales presentan máximos períodos de reproducción en invierno (Schiel y Foster, 2006).

Según las observaciones de Dayton *et al.* (1999), y de este estudio, un organismo juvenil tarda de 6 a 8 meses en alcanzar una talla adulta. Esto haría suponer que en el transcurso de este estudio (un año), la recuperación de la fronda cosechada fuera completa. Sin embargo, el patrón de respuesta al corte para la especie mostró que el 83% de los individuos presentaron una

regeneración lenta, es decir, que a los organismos les lleva más de un año reestablecer las condiciones originales de la fronda. Por lo cual, realizar una cosecha anual de frondas en mantos naturales, suponiendo que estas se recuperan en un año, daría como resultado un impacto ecológico sumamente negativo (Sharp y Pringle, 1990; Barrilotti y Zertuche, 1990; Vasquez y Santelices, 1990).

En este sentido, las primeras cosechas comerciales de *E. arborea* en la costa de Baja California, comprendía el corte por debajo de la horqueta (meristemo = zona de crecimiento). Los cosechadores del alga observaron que al realizar este tipo de poda, no había regeneración en las algas. Estudios preliminares por parte del Grupo de Macroalgas del IIO y del Centro de Investigación Regional de Ensenada, en conjunto con los permisionarios, permitieron suponer una posible capacidad de regeneración de los organismos, lo que motivo a practicar cortes en la base de la fronda y así conservar el meristemo. A esta consideración, se agregó la sugerencia de podar sólo una fronda, con lo cual el alga podría mantener la capacidad de desarrollarse y reproducirse y así disminuir el impacto negativo de dicha actividad sobre mantos naturales. Este estudio, comprueba que *E. arborea* tiene la capacidad de regenerar su tejido distal, pero la velocidad es lenta, ya que ningún organismo cosechado pudo regenerarse totalmente en un año, también se comprobó en esta investigación que el corte de una fronda, no afecta a la que permanece.

Con base en las observaciones y resultados sobre el tipo de corte y tiempo de regeneración en *E. arborea*, la explotación del recurso en ambientes naturales, se debe realizar cortando una sola fronda y por arriba de la horqueta, lo cual permitiría la recuperación de los organismos. Sin embargo, para implementar un programa de explotación sustentable de la especie, se requiere de estudios extensivos mayores a dos años, que permitan determinar el tiempo de recuperación completa de la fronda.

A partir de las observaciones del presente trabajo, se comprobó que *E. arborea* puede fijarse y desarrollarse sobre sustratos artificiales en un ambiente protegido. Con base en lo anterior, Bahía San Quintín resulta ser una opción viable para realizar su cultivo (masivo o policultivo) bajo condiciones semicontroladas, lo que permitirá reducir el impacto ecológico de la explotación sobre mantos naturales en Baja California, México.

6. CONCLUSIONES

Los organismos de *E. arborea* dentro de Bahía San Quintín se comportan de manera diferente en los tres sustratos estudiados, en relación a su morfología (tallas máximas, mínimas y promedio), época reproductiva y tasa de crecimiento.

E. arborea es capaz de habitar y reproducirse en ambientes protegidos de baja energía, así como fijarse en sustratos artificiales, los cuales no son característicos para la especie.

E. arborea tiene la capacidad de regenerar su tejido distal, pero es lenta o incipiente, realizar una explotación sobre mantos naturales sin conocer y establecer el tiempo de respuesta o regeneración total, daría como resultado un impacto ecológico negativo sobre mantos naturales.

7. LITERATURA CITADA

- ABBOTT I.A. y G.J. HOLLENBERG. 1976. *Marine Algae of California*. Stanford University Press, U.S.A. 827 p.
- ADAME-HERNÁNDEZ G.M. 1983. Análisis de componentes principales para variables fisicoquímicas en Bahía de San Quintín. **Tesis Licenciatura**. Escuela Superior de Ciencias Marinas, Ensenada, México. 40 p.
- AGUILAR-ROSAS R., M. LÓPEZ-CARRILLO Y L.E. AGUILAR-ROSAS. 2005. Macroalgas marinas de la Bahía de San Quintín, Baja California, México. *Polibotanica*:19-38.
- ÁLVAREZ-BORREGO S. 2004. Nutrient and phytoplankton dynamics in a coastal lagoon strongly affected by coastal upwelling. *Ciencias Marinas* **30**:1-19.
- ÁLVAREZ-BORREGO S. y A. CHEE-BARRAGÁN. 1976. Distribución superficial de fosfatos y silicatos en Bahía San Quintín, B. C. *Ciencias Marinas* **3**:51-61.
- ANGULO-LARIOS N.T. 2006. Hidrodinámica de la Bahía de San Quintín, B. C. **Tesis Maestría**. Facultad de Ciencias Marinas e Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Ensenada, México. 128 p.
- BARILOTTI D.C. Y J.A. ZERTUCHE. 1990. Ecological effects of seaweed harvesting in the Gulf of California and Pacific Ocean off Baja California and California. *Hydrobiologia* **204/205**: 35-40.
- BEGON M., M. MORTIMER y D.J. THOMPSON. 1996. *Population Ecology: a Unified Study of Animals and Plants*. Blackwell Science, Oxford. 377 p.
- BRINKHUIS B.H. 1985. Growth patterns and rates. IN: LITTLER M.M. Y D.S. LITTLER (Ed). *Ecological Fields Methods: Macroalgae*. Cambridge University Press, New York, USA. pp. 461-477.
- CAMACHO-IBAR V.F. y S. ÁLVAREZ-BORREGO. 1988. Nutrient concentrations in pore waters of intertidal sediments in a costal lagoon: Patchiness and temporal variations. *Sci. Total Environ.* **75**:325-339.
- CAMACHO-IBAR V.F., J.D. CARRIQUIRY y S.V. SMITH. 2003. Non-conservative P and N fluxes and net ecosystem production in San Quintín Bay, Mexico. *Estuaries* **26**:1120-1137.

- CID-BECERRA J.A. 2002. Análisis Biogeográfico, Genético y Morfométrico de *Lyropecten (Nodipecten) subnodosus* (Sowerby, 1835) (Mollusca:Bivalvia) en el Pacífico Oriental Tropical. **Tesis Doctorado**. Facultad de Ciencias Marinas e Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Ensenada, México. 174 p.
- CONTRERAS F. 1985. *Las Lagunas Costeras Mexicanas*. Secretaria de Pesca, D. F. México. 263 p.
- DAYTON P.K., M.J. TEGNER, P.B. EDWARDS Y K.L. RISER. 1999. Temporal and spacial scales of kelp demography: The role of oceanographic climate. *Ecological Monographs* **69**: 219-250.
- DEBOER J.A., H.J. GUIGLI, T.L. ISRAEL y C.F.D. ELIA. 1978. Nutritional studies of two red algae. I. Growth rate as a function of nitrogen source and concentration. *J. Phycol* **14**:261-266.
- DENNY M. y B. GAYLORD. 2002. The mechanics of wave-swept algae. *J. Exp. Biol.* **205**:1355-1362.
- DENNY M. y L. ROBERSON. 2002. Blade Motion and Nutrient Flux to the Kelp, *Eisenia arborea*. *Biol. Bull.* **203**:1-13.
- DUGGINS D.O., J.E. ECKMAN, C.E. SIDDON y T. KLINGER. 2003. Population, morphometric and biomechanical studies of three understory kelps along a hydrodynamic gradient. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **265**:57-76.
- GAYLORD B. y M.W. DENNY. 1997. Flow and flexibility 1. Effects of size, shape and stiffness in determining wave forces on the stipitate kelps *Eisenia arborea* and *Pteryophora californica*. *J. Exp. Biol.* **200**:3141-3164.
- GUIRY M.D. y G.M. GUIRY. 2007. *AlgaeBase version 4.2*. In: *World-wide electronic publication*, p. <http://www.algaebase.org>, National University of Ireland, Galway.
- GOMEZ I. Y K. LÜNING. 2001. Constant short-day treatment of outdoor-cultivated *Laminaria digitata* prevents summer drop in growth rate. *Eur. J. Phycol.* **36**: 391-395.
- GUZMÁN DEL PROO S.A., M.M. CASAS-VALDEZ, A. DÍAZ-CARRILLO, M.L. DÍAZ-LÓPEZ, J. PINEDA-BARRERA y M.E. SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ. 1986. Diagnóstico sobre las Investigaciones y explotación de algas marinas en México. *Inv. Mar. CICIMAR* **3**:1-63.
- HERÁNDEZ-CARMONA G., D. ROBLEDO y E. SERVIERE-ZARAGOZA. 2001. Effect of nutrient availability on *Macrocystis pyrifera* recruitment and survival near its southern limit of Baja California. *Bot. Mar.* **44**:221-229.

- HOLLENBERG G.J. 1939. Culture studies of marine algae I. *Eisenia Arborea*. *Amer. J. Bot* **26**:34-41.
- IBARRA-OBANDO S.E., V.F. CAMACHO-IBAR y J.D. CARRIQUIRY. 2000. Upwelling and lagoonal ecosystems of the dry Pacific Coast of Baja California. IN: U. SEELIGER y B. KJERFUE (Eds). *Coastal Marine Ecosystems of Latin America*. Springer. 315-330 pp.
- JENNINGS S., M.J. KAISER y J.D. REYNOLDS. 2001. *Marine Fisheries Ecology*. Blackwell Science Ltd., UK. 393 p.
- JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ S.B. 2005. Análisis de procesos físico-biológicos acoplados en la Bahía de San Quintín, B.C. México. **Tesis Doctorado**. Facultad de Ciencias Marinas e Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Ensenada, México. 96 p.
- LEE J.A. 1984. Growth and reproductive phenology of *Laminaria saccharina* (L.) Lamour (Phaeophyta) at the southern limit of its distribution in the Northwestern Atlantic Ocean. **Tesis Maestría**. Marine Environmental Sciences, New York. 72 p.
- LOBBAN C.S. y P.J. HARRISON. 1994. *Seaweed Ecology and Phycology*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 366 p.
- LÜNING K. 1990. *SEAWEEDES: Their environment, biogeography and ecophysiology*. John Wiley & Sons, Inc. 527 p.
- LÜNING K., A. WAGNER Y C. BUCHHOLZ. 2000. Evidence for inhibitors of sporangium formation in *Laminaria digitata* (Phaeophyceae) during the season of rapid growth. *J. Phycol.* **36**: 1129-1134.
- MARTORI-OXAMENDI J.J. 1989. Variabilidad de la circulación y sus causas en Bahía San Quintín, B. C. **Tesis Maestría**. CICESE: División de Oceanología, Ensenada. 110 p.
- MATSON P.G. y M.S. EDWARDS. 2006. Latitudinal variation in stipe hollowing in *Eisenia arborea* (Phaeophyceae, Laminariales). *Phycologia* **45**:343-348.
- NEUSHUL M. 1977. The domestication of the giant Kelp, *Macrocystis*, as a marine plant biomass producer. IN: KRAUSS R.W. (Ed). *The Marine Plant Biomass of the Pacific Northwest Coast*. Oregon State University Press, Oregon. p. 397.
- OCAMPO-TORRES F.J. 1980. Análisis de marea y predicción de velocidad mediante un modelo unidimensional de Bahía San Quintín, B. C. **Tesis Licenciatura**. Escuela Superior de Ciencias Marinas, Ensenada, México. 96 p.

- PEREIRA R., I. SOUSA-PINTO y C. YARISH. 2004. Field and culture studies of the life history of *Porphyra dioica* (Bangiales, Rhodophyta) from Portugal. *Phycologia* **43**:756-767.
- PÉREZ R. 1971. Ecologie, croissance, régénération, teneurs en acide alginique de *Laminaria digitata* sur les côtes français de la Manche. *Rev. Trav. Inst. PeWches Marit.* **35**: 287-346.
- ROBERSON L.M. y J.A. COYER. 2004. Variation in blade morphology of the kelp *Eisenia arborea*: incipient speciation due to local water motion? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **282**:115-128.
- SANTAMARÍA-DEL ÁNGEL M.E. 1994. El Color de las Aguas del Golfo de California Registrado por el CZCS: Relaciones de la Biomasa Fitoplanctonica y los Procesos Físicos de Mezcla. **Tesis Doctorado**. Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, México. 137 p.
- SCHIEL D.R. y M.S. FOSTER. 2006. The population biology of large brown seaweeds: ecological consequences of multiphase life histories in dynamic coastal environments. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **37**:343-372.
- SHARP G.J. Y J.D. PRINGLE. 1990. Ecological impact of marine plant harvesting in the northwest Atlantic: a review. *Hydrobiologia* **204/205**: 17-24.
- SHULTS C.T. y C.C. HERBTS. 1938. The life history of *Eisenia arborea*. *Amer. J. Bot.* **25**:494-498.
- TALA F. y M. EDDING. 2007. First estimates of productivity in *Lessonia trabeculata* and *Lessonia nigrescens* (Phaeophyceae, Laminariales) from the southeast Pacific. *Phycol. Res.* **55**:66-79.
- TERRÁDEZ-GURREA M. 2006. Análisis de Componentes Principales. In: *Proyecto e-Math*, p. http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Componentes_principales.pdf. Secretaria de Estado de Educación y Universidades (MECD), Universidad Oberta Catalunya.
- VÁSQUEZ J.A. Y B. SANTELICES. 1990. Ecological effects of harvesting *Lessonia* (Laminariales, Phaophyta) in central Chile. *Hydrobiologia* **204/204**: 41-47.