

Variación espacial de la vegetación marina en la bahía de Ballenas, costa occidental de Baja California Sur, México

Rafael Riosmena-Rodríguez*, Gustavo Hinojosa-Arango, Karla León-Cisneros, Juan Manuel López-Vivas & Elena Holguín-Acosta

Resumen

Variación espacial de la vegetación marina en la bahía de Ballenas, costa occidental de Baja California Sur, México. Se evaluó la estructura espacial de la vegetación marina de las zonas intermareal y submareal de la bahía de Ballenas. Se realizaron muestreos en ocho localidades para hacer una caracterización cualitativa y cuantitativa. Como resultado de este estudio se determinó que existen diferencias en la distribución horizontal (entre localidades) y vertical (entre profundidades) reflejada en la riqueza específica y la cobertura de los organismos. La zona intermareal inferior fue donde se encontró la mayor riqueza de especies en un gradiente entre las localidades. Mientras que para la zona submareal existieron diferencias en la riqueza dependiendo más de la profundidad que de la localidad. En el caso de la cobertura esta fue dominada por especies de los géneros *Amphiroa*, *Corallina* y *Phyllospadix* en todos los ambientes y localidades. Se encontró un incipiente reclutamiento de *Eisenia arborea*, que muestra el principio de la recuperación de la flora después de El Niño de 1997-1998. Los resultados encontrados sugieren que los procesos oceanográficos dentro de la bahía juegan un papel determinante en la estructura de las comunidades de manera similar a lo que ocurre en el sur de California.

Palabras clave: Chlorophyta, macroalgas, pastos marinos, Phaeophyta, Rhodophyta.

Abstract

Spatial variation in marine vegetation from Ballenas Bay, west coast of Baja California Sur, México. The spatial structure of marine vegetation assemblages was evaluated in Ballenas Bay for intertidal and subtidal zones. Four localities were sampled to characterize qualitative and quantitatively the zone. As a result of the present study we determined that there are horizontal (between localities) and vertical (between depths) differences in the species richness and cover of the organisms. We found the higher species richness in the low intertidal zone with differences between localities. While in the subtidal areas the differences in richness were more related with depth than site. The species of the genus *Amphiroa*, *Corallina* and *Phyllospadix* seagrass were the dominants in most of the sites and depths. It was found an incipient recruitment of *Eisenia arborea*, showing recovery of flora after El Niño 1997-1998. Our results suggests that oceanographic processes play an important roll in assemblages persistence in a similar way as has been described from southern California.

Key words: Chlorophyta, Phaeophyta, Rhodophyta, seaweeds, sea grasses.

Résumé

Variation spatiale de la végétation marine dans la bahía de Ballenas, cote occidentale de la Baie de Californie Sud, Mexique. La structure spatiale de la végétation marine fut évaluée dans les zones intermarées et submarées de la bahía de Ballenas. Les échantillonnages furent réalisés en huit localités afin de mener une caractérisation qualitative et quantitative. Comme résultat de cette étude, il fut déterminé qu'il existe des différences dans la distribution horizontale (entre localités), et verticale (à différentes profondeurs) reflétées par la richesse spécifique et la couverture des organismes. La zone entre marées inférieure fut celle où la plus grande richesse d'espèces fut trouvée, avec un gradient entre localités. Par contre, pour la zone submarées, les différences de richesse dépendaient plus de la profondeur que de la localité. Dans le cas de la couverture, celle-ci fut dominée par des espèces du genre *Amphiroa*, *Corallina* y *Phyllospadix* dans tous les environnements et localités. L'on a trouvé un début de recrutement de *Eisenia arborea*, qui montre la récupération de la flore après El Niño de 1997-1998. Les résultats trouvés suggèrent que les processus océanographiques dans la baie jouent un rôle déterminant dans la structure des communautés de manière similaire à ce qui a lieu dans le sud de la Californie.

Mots clefs: Chlorophyta, macroalgues, Phaeophyta, prés marins, Rhodophyta.

Universidad Autónoma de Baja California Sur, Departamento de Biología Marina, Programa de Investigación en Botánica Marina, Apdo. postal 19-B, La Paz, B.C.S., México, 23000

*Correo electrónico: riosmena@uabcs.mx

Introducción

Las zonas rocosas han sido objeto de reconocimientos florísticos desde los primeros días de la exploración de la costa occidental de la península de Baja California (Dawson *et al.* 1960, Guzmán del Proo 1969, Guzmán del Proo *et al.* 1971). También se han descrito la composición específica en otras localidades como bahía Tortugas, bahía Asunción y bahía Magdalena (Mendoza-González & Mateo-Cid 1985, Mateo-Cid & Mendoza-González 1994, Sánchez-Rodríguez *et al.* 1989, Hernández-Guerrero *et al.* 2001). Estos trabajos representan lo que se conoce sobre la composición de especies y su distribución. Un aspecto relevante de la región es que en ella coexisten varias especies de importancia comercial (Guzmán del Proo *et al.* 1991), pero hasta ahora no se han caracterizado cuantitativamente los patrones espaciales y/o temporales en alguna de estas localidades en el intermareal. Solo en bahía Tortugas se ha estudiado la flora del submareal (Guzmán del Proo *et al.* 1991) y la revisión de otra región se encuentra en preparación (Hernández-Carmona & Riosmena-Rodríguez, datos no publicados).

Dentro de los pocos estudios acerca de la estructura de las especies asociadas destacan los relacionados con *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Agardh (Hernández Carmona *et al.* 2000), los cuales han mostrado que existen otros grupos de importancia ecológica como lo son *Eisenia arborea* Areschoug y las algas coralinas (Guzmán del Proo *et al.* 1991). Debido a los intervalos de tolerancia de *M. pyrifera* su distribución se restringe a la zona de bahía Asunción (Hernández Carmona *et al.* 2000) y recientemente se recuperó hasta Punta San Hipólito (Edwards & Hernández-Carmona 2005), pero con bajas densidades ya que los mantos hacia el sur están dominados por *E. arborea* y las algas coralinas (Dawson 1960, Hernández Carmona *et al.* 2000). El presente estudio se desarrolló como parte de un estudio de impacto ambiental denominado "Salitrales de San Ignacio". Nuestra hipótesis es que las

comunidades de macroalgas están estructuradas con pocas especies, pero muy abundantes, con gradientes en riqueza y abundancia horizontales (entre sitios) y verticales (entre profundidades) dentro de la zona de estudio.

Los objetivos del presente trabajo fueron: 1) determinar el papel de las macroalgas en la flora marina en diferentes niveles, como lo son la zona intermareal y submareal; 2) establecer si espacialmente existen diferencias espaciales en la riqueza florística para los dos hábitat considerados; y 3) establecer si existen diferencias en la abundancia espacial de las especies y/o comunidades de macroalgas y praderas de fanerógamas marinas en las zonas intermareal y submareal.

Material y métodos

Este estudio se realizó entre febrero y marzo de 1998 en la bahía de Ballenas. Durante las prospecciones realizadas se seleccionaron ocho sitios con sustrato rocoso dentro de la bahía y equidistantes con al menos 2 km de separación; y se registraron sus coordenadas con un geoposicionador (Fig. 1). Dentro de cada localidad visitada se hicieron prospecciones en áreas mayores a 500 m², en donde se realizaron muestreos cualitativos que consistieron en recolectar a todos los organismos que podrían representar distintas especies o etapas fenológicas, que permitieran apoyar las determinaciones a nivel de especie basados en la literatura convencional para la zona.

Para cada localidad la zona intermareal se subdividió en tres niveles (alto, medio y bajo) con respecto al nivel medio de marea (NMM) y de acuerdo a la pendiente de la zona. Para el muestreo cuantitativo en la zona intermareal se colocaron transectos perpendiculares a la costa: tres para la zona alta, cinco en la media y cinco para la zona baja. Estos se consideraron como réplicas dentro de cada localidad. Dependiendo de lo extenso de cada estrato, debido a la pendiente del sitio, se colocó el transecto

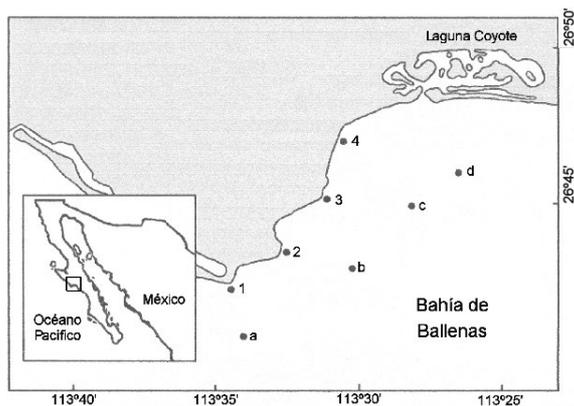


Figura 1. Localización del área de estudio y sitios de muestreo. Zona intermareal: 1) Punta Abrejos, 2) El Faro, 3) Bateque y 4) Campollano. Zona submareal: a) Piedra Zúñiga, b) La Balistra, c) Piedra Bufo y d) Roca Kino.

abarcando toda la zona y se determinaron 100 puntos aleatorios de muestreo; en donde se registró qué especie se encontró exactamente debajo del punto inmediato al transecto. Para evitar sesgos en el conteo y determinar con precisión, se utilizó un objeto puntiagudo (lápiz) haciendo coincidir la marca en la cinta métrica con la punta y el objeto a contar (alga, animal o sedimento). Para la zona submareal se desarrollaron prospecciones para localizar zonas rocosas a dos profundidades (7-9 y 12-15 m) de forma paralela a las localidades seleccionadas en la zona intermareal (Tabla 1, Fig. 1). En cada localidad se colocaron dos transectos (que funcionaron como sitios) de donde se seleccionaron al azar cinco puntos a lo largo del transecto y se colocó un cuadrante (2 m²) para contar todas las algas que se pudieron diferenciar como individuos (como en el caso de *Eisenia arborea*) y se estableció su abundancia relativa por especie. Para la cobertura de los organismos modulares (como algas coralinas) se utilizó la metodología de puntos de contacto (Foster *et al.* 1985).

La lista de especies encontradas se reportó por división en orden alfabético con sus autoridades (Tabla 2). Los ejemplares representativos de este estudio fueron depositados en el Herbario Ficológico de la UABCS (FCBS). Los

organismos fueron preservados en una solución de formaldehído y agua de mar al 4% para su análisis en laboratorio.

Para establecer si existe diferencia espacial en la riqueza florística se determinó la similitud por medio del coeficiente de Jaccard (Brower & Zar 1984) entre localidades estudiadas:

$$CC_j = \frac{C}{S_1 + S_2 - C}$$

en donde S₁= número de especies para la estación 1, S₂= número de especies para la estación 2, C= número de especies que comparten ambas estaciones.

Los datos obtenidos mediante el índice de similitud de Jaccard, se transformaron en distancias de disimilitud mediante la siguiente fórmula de Brower & Zar (1984):

$$1 - CC_j$$

A partir de las distancias obtenidas se realizaron las matrices de distancia de cada especie, para posteriormente obtener los dendrogramas y observar las diferencias entre las localidades (Ludwig & Reynolds 1988) los resultados se presentan en un dendrograma de agrupación aglomerativa generado por UPGMA (ligamiento por promedios no ponderados) utilizando el paquete Statistica.

Para establecer si existen diferencias en la abundancia espacial de las especies de macroalgas y praderas de fanerógamas marinas entre la zona intermareal y la submareal, se calculó la media y desviación estándar en la cobertura por grupo (algas, animales, roca o arena) para cada nivel de marea. No se observó tendencia alguna en la densidad de plantas por los valores tan bajos que se presentaron (Tabla 3). Posteriormente se estimó la importancia relativa de las especies de algas y fanerógamas para cada zona. Además, se calculó la media y desviación estándar en el porcentaje de cobertura de cada especie pero no se encontró una tendencia. Por lo que estos análisis se realizaron agrupando

Tabla 1. Referencia geográfica de las localidades de muestreo (de acuerdo a la figura 1) donde se describen las principales características de cada sitio.

Localidades	Posición geográfica	Características
Intermareal		
Punta Abreojos (A)	(26° 42.5' N, 113° 34.3' W)	Pendiente pronunciada en ángulo de 45°, ambiente sedimentario de depositación
El Faro (F)	(26° 43.4' N, 113° 34.3' W)	Pendiente media en ángulo de 30°, ambiente mixto de arena-roca
Bateque (B)	(26° 45.0' N, 113° 31.4' W)	Pendiente media en ángulo de 30°, ambiente mixto de arena-roca
Campollano (C)	(26° 46.7' N, 113° 30.6' W)	Pendiente suave en ángulo de 15°, ambiente mixto de arena-roca
Submareal		
Piedra Zúñiga (A)	(26° 41.4' N, 113° 34' W)	Fondo arenoso con muchos bloques de roca dispersos
La Balistra (B)	(26° 43' N, 113° 31' W)	Fondo arenoso con muchos bloques de roca dispersos
Piedra Bufeo	(26° 44.4' N, 113° 29.1' W)	Fondo arenoso, piedra cubierta por sedimento y sin flora
Roca Kino (K)	(26° 44.8' N, 113° 27.9' W)	Fondo arenoso con pocos bloques de piedra dispersos

los datos por género y se consideraron solo a las especies de los géneros que representaban del 85% al 95% de la cobertura. Se realizaron análisis de variancia de una vía Modelo I, para determinar si existe alguna tendencia en la distribución en función del sitio. Además se realizó a posteriori el análisis Tukey en Statistica para establecer dónde se presentaron las diferencias.

Resultados

Se encontró que la riqueza florística total fue de 77 especies (Tabla 2). Se observó que existe una diferencia importante en la distribución vertical (tanto en la zona intermareal como en la submareal) ya que se encontró que 61 especies solo se distribuyen en la zona intermareal, seis solo en la submareal y diez se presentaron en ambos ambientes. En el caso de la riqueza florística por división, se encontró que la división Rhodophyta fue el grupo con mayor número de especies con un total de 44, seguidas por Phaeophyta que presentó 21 especies, y por último la división Chlorophyta con diez. Además se presentó una especie de fanerógama marina y una de diatomea

formadora de tubo (Tabla 2). Estas últimas se consideraron por su gran cobertura.

La riqueza por división tuvo un comportamiento similar dentro de las cuatro localidades, siendo más abundantes las algas rojas (división Rhodophyta), que presentaron un intervalo entre localidades de 16 a 24 especies. Las algas pardas (Phaeophyta) presentaron un intervalo de seis a 18 especies; y finalmente con las algas verdes (Chlorophyta) el intervalo fue menor entre localidades, de cinco a siete especies. Sólo las *Phaeophyta* presentaron un comportamiento similar a la riqueza general, siendo mayor su número hacia la parte media del área de estudio. Mientras que la riqueza de las otras dos divisiones fue más homogénea entre localidades y no se pudo apreciar un patrón.

Al analizar espacialmente la riqueza específica para las localidades en la zona intermareal se puede observar que aquellas en la parte central del área de estudio (El Bateque y El Faro) presentaron la mayor riqueza (43 y 42 especies respectivamente). Mientras que Punta Abreojos y Campollano presentaron 37 y 28. Finalmente, se observó que la riqueza de la zona intermareal presenta un patrón

Tabla 2. Lista de especies (presencia o ausencia) de la vegetación costera en los sitios de muestreo en bahía de Ballenas (localidades de acuerdo con Tabla 1, S= somero, P= profundo).

Especies	A	F	B	C	KP	KS	BP	BS	AP	AS
División Chlorophyta										
<i>Codium cuneatum</i> Setchell & Gardner	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Chaetomorpha linum</i> (Müller) Kützing	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cladophora columbiana</i> Collins	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cladophora microcladioides</i> Collins	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Cladophoropsis fasciculatus</i> (Kjellman) Wille	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Derbesia marina</i> (Lyngbye) Solier	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Enteromorpha flexuosa</i> (Roth) J. Agardh	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Enteromorpha intestinalis</i> (Linneaus) Link	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ulva rigida</i> C. Agardh	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ulva dactylifera</i> Setchell & Gardner	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
División Antophyta										
<i>Phyllospadix torreyi</i> Watson	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
División Bacillariophyta										
<i>Berkeleya hyalina</i> (Round & Brooks) Cox	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
División Phaeophyta										
<i>Colpomenia ramosa</i> Taylor	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Colpomenia sinuosa</i> (Roth) Derbès & Solier	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Colpomenia tuberculata</i> Saunders	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
<i>Cystoceira osmundacia</i> (Turner) C. Agardh	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
<i>Desmarestia lingulata</i> (Lightfoot) Lamouroux	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Dictyopteris undulata</i> Holmes	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dictyota binghamiae</i> J. Agardh	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dictyota flabellata</i> (Collins) Setchell & Gardner	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) Lamouroux	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ectocarpus simulans</i> Setchell & Gardner	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ectocarpus breviarticulatus</i> J. Agardh	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eisenia arborea</i> Areschoug	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>Endarachne binghamiae</i> J. Agardh	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Padina concretsens</i> Thivy	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0
<i>Petalonia fascia</i> (Müller) Kützing	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ralfsia integra</i> Hollenberg	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ralfsia pacifica</i> Hollenberg	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Sargassum muticum</i> (Yendo) Fensholt	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Sargassum palmeri</i> Grunow	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
<i>Sphacelaria didichotoma</i> Saunders	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Taonia lennebackeriae</i> J. Agardh	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
División Rhodophyta										
<i>Acrochaetium</i> sp. Nägeli	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ahnfelthiopsis gigarthinoides</i> J. Agardh	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Amphiroa beauvoisii</i> Lamouroux	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>A. misakiensis</i> Yendo	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
<i>Anthithamnion spirographidis</i> (Schiffner) Wollaston	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Centroceras clavulatum</i> (C. Agardh) Montagne	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ceramium affine</i> Setchell & Gardner	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceramium flaccidum</i> Ardissonne	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0

Tabla 2. Continuación.

Especies	A	F	B	C	KP	KS	BP	BS	AP	AS
División Rhodophyta										
<i>Champia parvula</i> (C. Agardh) Harvey	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Chondria nifica</i> Harvey	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coeloseria compressa</i> Hollenberg	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corallina polysticha</i> Dawson	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Corallina vancouverensis</i> Yendo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cryptopleura dichotoma</i> Gardner	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cryptopleura</i> sp. Kützing	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dasya sinicola</i> (Setchell & Gardner) Dawson	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Erythrotrichia cornea</i> (Dillwyn) J. Agardh	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Chondracanthus canaliculatus</i> (Harvey) Guiry	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Goniothricum alsidii</i> (Zanardini) Howe	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gastroclonium subarticulatum</i> (Turner) Kützing	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gracilaria papenfussii</i> Abbott (Grunow) Kylin	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gracilaria turgida</i> Dawson	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Grautelupia filicina</i> (Lamouroux) C. Agardh	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Griffithsia furcellata</i> J. Agardh	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Herposiphonia plumula</i> (J. Agardh) Hollenberg	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Herposiphonia secunda</i> (C. Agardh) Ambronn	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hypnea johnstonii</i> Setchell & Gardner	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hypnea valentiae</i> (Turner) Montagne	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Jania mexicana</i> Taylor	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Laurencia pacifica</i> Kylin	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Laurencia decidua</i> Dawson	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lithophyllum pustulatum</i> (Lamouroux) Foslie	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Petrocelis franciscana</i> Setchell & Gardner	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Peysoniela rubra</i> var. <i>orientalis</i> Webber van Bosse	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Polysiphonia pacifica</i> var. <i>pacifica</i> Hollenberg	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1
<i>Polysiphonia pacifica</i> var. <i>determinata</i> Hollenberg	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polysiphonia scopullorum</i> var. <i>villum</i> (J. Ag.) Hollenberg	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Porphyra</i> sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pterocladia capillacea</i> (Gmelin) Santelices et Hommersand	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Pterosiphonia dendroidea</i> (Montagne) Falkenberg	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhodymenia californica</i> Kylin	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1
<i>Veleroa subulata</i> Dawson	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scinaia johnstoneii</i> Setchell	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
<i>Scinaia latrifrons</i> Setchell	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Total de especies = 77	37	42	41	28	11	10	7	12	6	9

de menor número de especies en las zonas más desprotegidas y más en las zonas protegidas (Fig. 2).

Cobertura, zona intermareal

De acuerdo al porcentaje de cobertura de los componentes principales (arena, rocas, algas e invertebrados) existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tres niveles y

Tabla 3. Densidad media de frondas por metro cuadrado en especies submareales (S= somero, P= profundo) que se encontró durante el estudio.

	Piedra Zuñiga		La Balistra		Roca Kino	
	S	P	S	P	S	P
<i>Codium cuneatum</i>	0	0	0	0	0	0.1
<i>Eisenia arborea</i> (juvenil)	0.2	0	0.6	0	0.1	0
<i>Eisenia arborea</i> (adulto)	0	0	0.1	0	0	0.3
<i>Sargassum palmeri</i>	0.3	0	0.2	0	0.1	0.1
<i>Scinaia latifrons</i>	0	0	0.2	0	0	0
<i>Scinaia johnstonii/confusa</i> ¹	0	0	0	0	0	0
<i>Rodhymenia californica</i>	0	0	0	0	0.1	0

¹No se puede identificar las plantas bajo el agua a nivel especie por lo que se dejan los dos nombres.

las cuatro localidades para la zona intermareal (Fig. 3). Para la zona intermareal alta y media la mayor proporción de la cobertura fue de arena o roca siendo mínimo el aporte de la vegetación o de los invertebrados. Mientras que para el intermareal bajo la vegetación tuvo la mayor cobertura media en todas las localidades (Fig. 3).

En el caso de la cobertura por género entre sitios (Fig. 4) pocas especies son las que dominan en cobertura; en la mayoría de las localidades el género *Corallina* presentó la mayor proporción en cobertura en las tres primeras localidades y *Phyllospadix torreyi* para la cuarta (Fig. 4). En Punta Abreojos el 85% de la cobertura vegetal estuvo representada por cinco especies de algas y una fanerógama (*Phyllospadix torreyi*), siendo esta última la más abundante con una cobertura de 25% (Fig. 4a). El segundo lugar de importancia lo ocupó *Corallina* con cobertura de 15%, mientras que *Ulva*, *Laurencia* y *Padina* mostraron coberturas menores al 9%, *Laurencia* fue la que presentó la cobertura más baja con 3% (Fig. 4a).

En El Faro nueve especies fueron las más importantes (85% de la cobertura). *Corallina* presentó la mayor cobertura (5%), seguidas por *Phyllospadix torreyi* (4%) (Fig. 4b). El orden de cobertura del resto de las especies fue *Ulva*, *Ralfsia*, *Amphiroa*, *Padina*, coralinas no geniculadas, *Polysiphonia pacifica* y *Colpomenia*, las cuales presentaron coberturas menores al

2% (Fig. 4b). En Bateque fueron siete las especies que conformaron el 85% de la cobertura de vegetales. En esta localidad *Corallina* tuvo 17% de cobertura (Fig. 4c), seguida por *Cladophora* con 5%, mientras que *Ulva*, *Phyllospadix torreyi*, *Laurencia*, coralinas no geniculadas y *Polysiphonia pacifica* presentaron coberturas menores al 4% (Fig. 4c).

Campollano presentó ocho especies como las de mayor cobertura (Fig. 4d). En esta

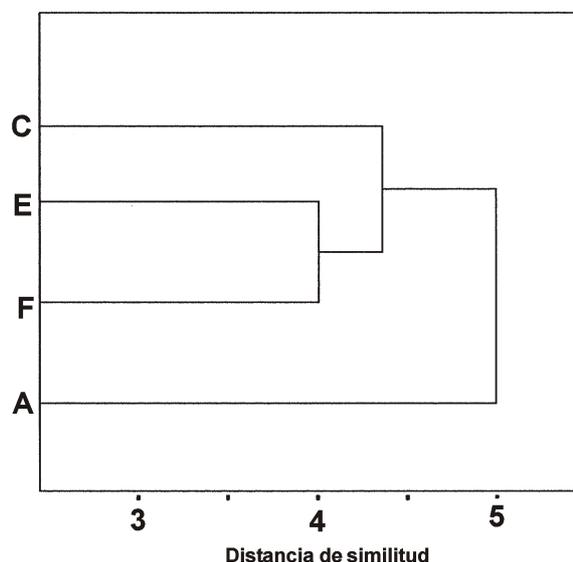


Figura 2. Dendrograma cualitativo que muestra las afinidades florísticas entre localidades intermareales (A= Punta Abreojos, F= El Faro, B= Bateque, C= Campollano) mostrando que existe poca similitud entre las localidades y que la distancia entre ellas se refleja en la flora presente.

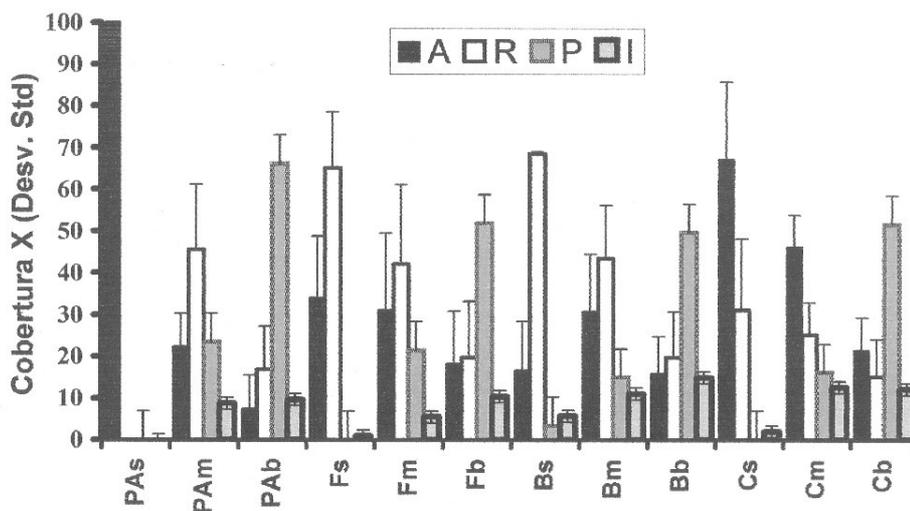


Figura 3. Cobertura media y desviación estándar de los elementos principales encontrados para las localidades intermareales (PAS= Punta Abrejos superior, PAm= Punta Abrejos medio, PAb= Punta Abrejos bajo, Fs= El Faro superior, Fm= El Faro medio, Fb= El Faro bajo, Bs= La Balístra superior, Bm= La Balístra medio, Bb= La Balístra bajo, Cs= Campollano superior, Cm= Campollano medio, Cb= Campollano bajo), con diferentes sustratos: A= arena, R= roca, P= plantas, I= invertebrados.

localidad *Corallina* cubrió una mayor superficie con un 7%, seguida por *Cladophora* con una cobertura de 4%; mientras que *Phyllospadix torreyi*, coralinas no geniculadas, *Amphiroa*, *Chondracanthus*, *Hypnea* y *Padina* presentaron coberturas menores al 2% (Fig. 4d).

Cobertura, zona submareal

En lo que respecta a la zona submareal, la valoración cuantitativa mostró que en todos los casos la proporción en cobertura de algas y fanerógamas es superior al de animales o sustrato libre (arena/roca) (Fig. 5). En el caso de todas las localidades estudiadas el sustrato libre más común fue arena, debido a que en la zona existen procesos de transporte de sedimento muy activos, lo que provoca una gran acumulación de sedimento y potencialmente la remoción de los organismos por abrasión (Fig. 5).

En Piedra Zúñiga *Corallina* fue el género que presentó la mayor cobertura en ambas profundidades: 38% en la zona profunda y 29% en la somera (Fig. 6a). El segundo lugar de importancia fue *Amphiroa* (34% y 22%). *Eisenia arborea*, *Ulva*, coralinas costrosas, *Polysiphonia pacifica* y *Sargassum* presentaron

coberturas menores al 12% para ambas profundidades (Fig. 6a).

En La Balístra un mayor número de especies representan el 90% de la variancia observada para ambas profundidades (Fig. 6b). En el caso de la zona somera se observaron tres componentes principales: *Corallina* (50% de cobertura), especies del género *Amphiroa*, *E. arborea* adultas y *Scinaia* (10% de cobertura); en tanto que especies de los géneros *Corallina* y *Amphiroa* fueron las de mayor cobertura (37 y 41%) en la zona profunda. El resto de las especies presentaron coberturas menores al 15% (Fig. 6b). Para esta localidad también se observaron reclutas de *E. arborea*, pero sólo en la zona somera.

En el caso de la Piedra Bufo (A) se encontró una dominancia clara de las algas coralinas para ambas profundidades con un 50% de la cobertura en la zona profunda y un 69% en la somera (Fig. 6c). *Amphiroa* y las coralinas no geniculadas presentaron mayor cobertura en la zona profunda, mientras que en la zona somera las coberturas fueron menores al 20% (Fig. 6c). En esta localidad también se observó un pequeño reclutamiento de *E. arborea*.

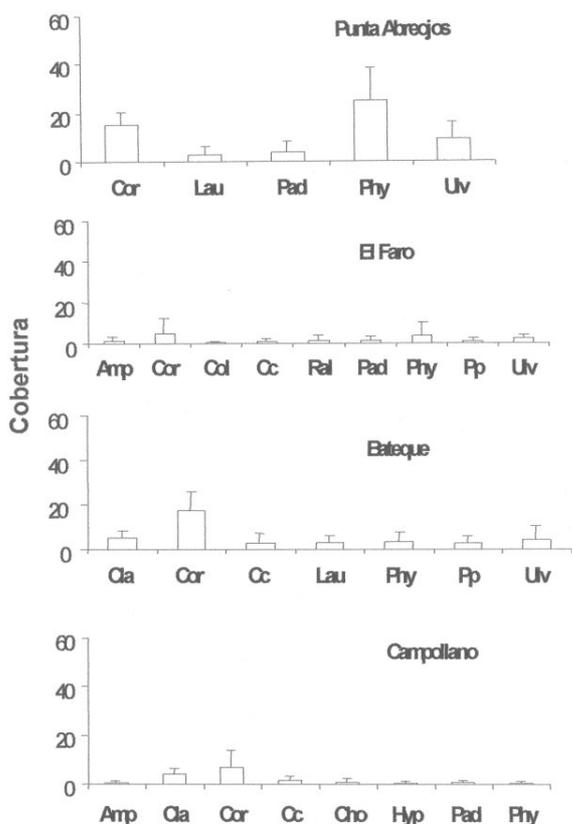


Figura 4. Media y desviación estándar en la cobertura media de los principales géneros en la zona intermareal baja: (*Amphiroa* (Amp), *Corallina* (Cor), *Laurencia* (Lau), *Padina* (Pad), *Phyllospadix* (Phy), *Ulva* (Ulv), *Colpomenia* (Col), *Ralfsia* (Ral), *Polysiphonia* (Pp), *Cladophora* (Cla), *Hypnea* (Hyp) y *Chondracanthus* (Cho). Sitios: a= Punta Abrejos, b= El Faro, c= Bateque, d= Campollano.

En el caso de la Roca Kino, se encontró que las algas coralinas son el elemento principal en ambas profundidades representando el 95% de la variancia, siendo *Amphiroa* la especie dominante (Fig. 6d). *Corallina* presentó un patrón similar en ambas profundidades, siendo más abundante en la zona intermareal. Las coralinas no geniculadas representaron un 24% de la cobertura en la zona somera, mientras que en la zona profunda sólo un 9% (Fig. 6d). Las demás especies sólo representan elementos dispersos en la zona. Se observaron reclutas de *E. arborea* en ambas profundidades con abundancias muy bajas (0.2 indiv/m²) que coincidieron con la observada para adultos (Tabla 3).

Se encontraron diferencias significativas entre algunas localidades y profundidades en la cobertura de los tres grupos de mayor cobertura ($p < 0.05$). Esto se observa claramente con mayor cobertura de *Amphiroa* en la zona de Roca Kino (Fig. 6d), mientras que *Corallina* fue dominante en Piedra Zúñiga, La Balistra y Piedra Bufeo (Figs. 6a - c). En el caso de las coralinas no geniculadas no se detectaron diferencias significativas entre sitios ($p < 0.05$), pero si entre las profundidades de la Balistra (Fig. 6b). Las observaciones anteriores muestran que las localidades son más variables que las profundidades, aunque se observan diferencias importantes en la composición por estrato.

Discusión

A partir de los resultados se puede determinar que las comunidades de macroalgas en la bahía de Ballenas presentan variaciones significativas (Figs. 2-3, 5), lo que se debe tomar en consideración cuando se elaboren los planes de ordenamiento de la zona costera. Para la zona intermareal las especies se presentan principalmente en la zona baja donde el efecto de la presión ambiental causado por las variaciones de las mareas no es tan intenso, ya que no existen condiciones que mitiguen el impacto por la desecación como ocurre en California central (Foster *et al.* 1991).

En la flora intermareal de la bahía de Ballenas uno de los principales indicadores observados son las algas coralinas y la fanerógama marina (Figs. 3, 6), debido a su sensibilidad a cambios en el régimen sedimentario, entendido como que la fanerógama resiste más los cambios en los patrones de sedimentación pero las algas coralinas recuperan el substrato rocoso más eficientemente (Seapy & Littler 1979, Littler *et al.* 1991). El hecho de que estas especies sean uno de los componentes principales de las comunidades no es raro, debido a que pueden regenerarse a partir de porciones basales, pueden permanecer en estado de latencia, enterradas (en arena) por temporadas cortas,

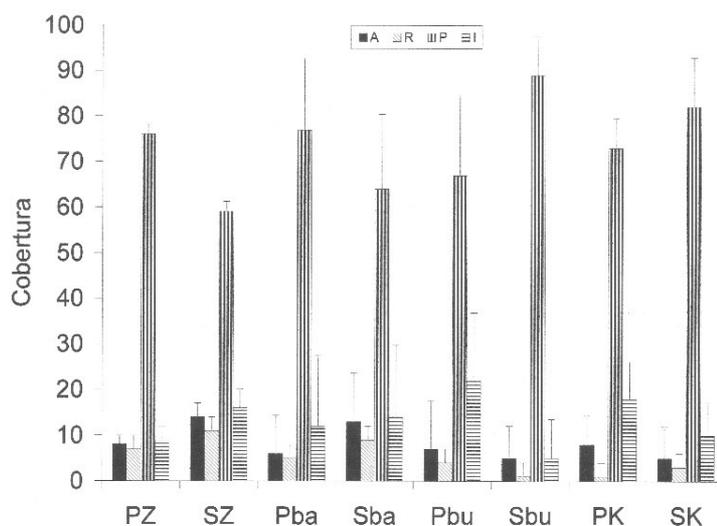


Figura 5. Cobertura media y desviación estándar de los elementos principales encontrados para la zona profunda (P) y somera (S) de las localidades submareales (Z= Piedra Zúñiga, ba= La Balistra, bu= Piedra Bufeo, K= Roca Kino), con diferentes sustratos: A= arena, R= roca, P= plantas, I= invertebrados.

además de que tienen reclutamientos continuos. Este tipo de organización es característica de la zona intermareal del sur de California (Stewart 1989a) donde las coralinas y fanerógamas compiten por el sustrato. Se ha documentado que el establecimiento y persistencia de *Corallina* está ligado con los procesos sedimentarios y el crecimiento del pasto (Stewart 1989b), lo que no se conoce es si *Amphiroa* presenta estrategias similares, ya que parece ser igual de importante en cuanto a su cobertura. Este proceso de sedimentación diferencial tiene tendencias estacionales con acumulación en verano lo que se revierte entre otoño e invierno, donde las condiciones son de tipo depositarios (Hedgpeth 1957, Markham 1973).

La forma estructural de la zona submareal mostrada para esta localidad diverge de los patrones considerados en el sur de California (Foster & Schield 1985), debido a que solo existen pocas capas de dosel vegetal y estas se definen por *E. arborea*, *Sargassum* y en otra capa las especies de *Sciniaia*. La presencia dominante de *Amphiroa*, un alga tropical, en los sitios protegidos muestra el efecto geográfico que se observa en los bosques de la

parte central de California, donde cambia el dominio de *Calliarthron-Bossiella* por el de *Corallina-Bossiella* (Foster et al. 1991). La cobertura coralina y la densidad de *E. arborea* son parámetros relevantes a considerar dentro de monitoreos futuros por ser elementos estructuradores del sistema para comprender la dimensión del impacto causado por fenómenos como El Niño y su forma de recuperación (Dayton & Tegner 1984, Edwards & Hernández-Carmona 2005).

En este caso, más que para la zona intermareal, la presencia de arena y piedra entre localidades (Fig. 5) sugieren la influencia de los procesos costeros para el desarrollo saludable de los ensamblajes. De hecho una de las localidades consideradas (Piedra Bufeo) se encontró completamente cubierta por sedimento arenoso, que se remueve por temporadas (Hedgpeth 1957, Markham 1973). Es importante, en este sentido comprender la influencia de los cambios temporales en el reclutamiento y desarrollo de las especies de la zona para tener un esquema más preciso de los eventos locales (como la intensidad del transporte litoral) debido a la variabilidad que puede presentar entre años la misma zona (Foster et

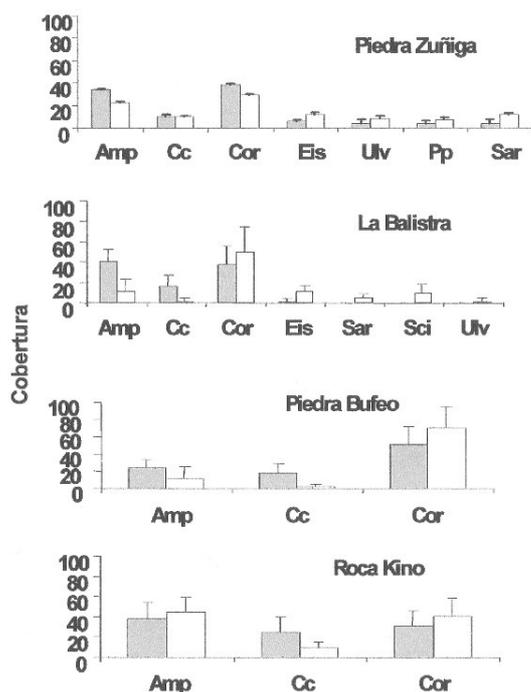


Figura 6. Media y desviación estándar en la cobertura de los principales géneros: *Amphiroa* (Amp), coralinas no geniculadas (Cc), *Corallina* (Cor), *Eisenia* (Eis), *Polysiphonia* (Pp), *Sargassum* (Sar) y *Scinaia* (Sci), *Ulva* (Ulv)), para las localidades submareales.

al. 1988). En particular se debe estudiar el papel que juegan algunos herbívoros en el desarrollo y estabilidad de las comunidades (Foster 1991) debido a que se ha demostrado que en la zona norte del Pacífico noreste tienen una gran influencia en toda la región.

A pesar de que las actividades humanas se han desarrollado en la zona desde principios de siglo y que se tienen referencias de la composición florística desde los 50's (Dawson *et al.* 1960), no se detectaron cambios cualitativos importantes en Punta Abrejos. Sin embargo, es importante considerar que los análisis cuantitativos sugieren que la flora está en proceso de recuperación después de un evento de El Niño debido a la abundante cobertura de especies de aguas tropicales (Figs. 4, 6) y a la presencia de frondas de especies formadoras de hábitat como las laminariales (Tabla 3) comúnmente densas en el sur de California (Foster & Schield 1985), por lo que las variaciones temporales de la flora

deben ser consideradas para cualquiera de las prospecciones futuras de las actividades de la zona.

Agradecimientos

Agradecemos a la UABCS y la empresa Exportadora de Sal, S.A. por el apoyo financiero para la realización de este estudio como parte del proyecto "Salitrales de San Ignacio". Rafael Riosmena agradece muy especialmente a Alejandra Ángeles-Pérez (UABCS) por su apoyo. También deseamos agradecer el apoyo de Michael Simmler Foster, del Moss Landing Marine Laboratory (MLML), por el apoyo en el diseño de los muestreos originales. Agradecemos el apoyo del grupo de ecología submareal del MLML, en especial a J. Heine y E. Ochoa para el trabajo de buceo. Agradecemos los comentarios de Gustavo Hernández Carmona y Lizette Quang para mejorar el texto, así como de Aitor Aizpuru por la traducción al Francés.

Referencias

- Brower, J. & J. Zar. 1984. Field and laboratory methods for general ecology. Mc Graw Hill, Boston. 196 pp.
- Dayton, P.K. & M.J. Tegner. 1984. Catastrophic storms, El Niño, and patch stability in a southern California kelp community. *Science* 224: 283-285.
- Dawson, E.Y. 1960. New records of marine algae from Pacific Mexico and Central America. *Pacific Naturalist*, 1(20): 31-52.
- Dawson, E.Y., M. Neushul & R.D. Wildman. 1960. Seaweeds associated with kelp beds along southern California and northwestern Mexico. *Pacific Naturalist* 1(14): 1-81.
- Edwards, M. & G. Hernández Carmona. 2005. Delayed recovery of giant kelp near its southern range limit in the North Pacific following El Niño. *Marine Biology* 147: 273-279.
- Foster, M.S. 1991. How Important is grazing to seaweed evolution and assemblage structure in the north-east Pacific? pp: 61-85. *In* John, D.M., S.J. Hawkins & J.H. Price (eds.). Interactions in the marine benthos. The Systematics Association. Washington, D.C.
- Foster, M.S. & D.R. Schield. 1985. The Ecology of the giant kelp forests in California: a community profile. *Fish. Wild. Ser., Biol. Rep.* 85(7.2): 1-151.
- Foster, M.S., T.A. Dean & L.E. Deyscher. 1985. Subtidal techniques. Pp: 200-231 *In* Littler, M.M. & D.S. Littler (eds.). Handbook of phycological methods,

- ecological field methods macroalgae. Cambridge University Press, Cambridge.
- Foster, M.S., A.P. de Vogelaere, C. Harrold, J.S. Pearse & A.B. Thum. 1988. Causes of spatial and temporal patterns in rocky intertidal communities of Central and Northern California. *Mem. Cal. Acad. Sci.* 9: 1-45.
- Foster, M.S., A.P. de Vogelaere, J.S. Olivier, J.S. Pearse & C. Harrold. 1991. Open coast intertidal and shallow subtidal ecosystems of the Northeast Pacific. Pp: 76-96 *In* Mathieson, A.C. & P.H. Nienhuis (eds.). *Ecosystems of the World 24. Intertidal and littoral ecosystems*. Elsevier. Amsterdam.
- Guzmán del Proo, S.A. 1969. Los recursos vegetales marinos de Baja California, México. *Proc. 6th Intl. Sea Simp.* 6: 658-690.
- Guzmán del Proo, S.A., S. de la Campa & J.L. Granados. 1971. El sargazo gigante (*Macrocystis pyrifera*) y su explotación en Baja California. *Rev. Mex. His. Nat.* 32: 15-57.
- Guzmán del Proo, S.A., S.R. Mille-Pagaza, R. Guadarrama-Granados, S. de la Campa-Guzmán, J. Carrillo-Laguna, A. Pereira-Corona, J. Belmar-Pérez, M.J. Parra-Alcocer & A.C. Luque-Guerrero. 1991. La comunidad bentónica de los bancos de abulón (*Haliotis* spp. Mollusca: Gasteropoda) en bahía Tortugas, Baja California, México. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.* 36: 27-59.
- Hedgpeth, J.W. 1957. Sandy beaches. Pp: 1-57 *In* Hedgpeth, J.W. (ed.). *Treatise on marine ecology and paleoecology*. Ecology. Memoir 67. Geological Society of America, Colorado. Vol. I.
- Hernández-Carmona, G., O. García, D. Robledo & M.S. Foster. 2000. Restoration techniques for *Macrocystis pyrifera* populations at the Southern limit of their distribution in Mexico. *Botanica Marina* 43: 273-284.
- Hernández-Guerrero, C.J., N. Águila-Ramírez, M.M. Casas-Valdez, M.B. Cruz-Ayala & R.A. Núñez-López. 2001. Distribución de la ficoflora en la costa central de la península de Baja California, México. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.* 47: 85-88.
- Littler, M.M., D.S. Littler, S. Murray & R.R. Seapy. 1991. Southern California rocky intertidal ecosystems. Pp: 239-267 *In* Mathieson, A.C. & P.H. Nienhuis (eds.). *Ecosystems of the World 24. Intertidal and littoral ecosystems*. Elsevier. Amsterdam.
- Ludwig, J. & J. Reynolds. 1988. *Statistical ecology*. John Wiley & Sons, New York. 337 pp.
- Markham, J.W. 1973. Observations on the ecology of *Laminaria sinclairii* in vegetational composition. *Bull. Torr. Bot. Club.* 93: 332-351.
- Mateo-Cid, L.E. & C. Mendoza-González. 1994. Estudio florístico de las algas bentónicas de bahía Asunción, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 20: 41-64.
- Mendoza-González, C.A. & L.E. Mateo-Cid. 1985. Contribución al estudio florístico de la costa occidental de Baja California, México. *Phycology* 59(1): 17-33.
- Sánchez-Rodríguez, I., M. Fajardo-León & C. Oliveiro-Pantoja. 1989. Estudio florístico estacional de las algas en bahía Magdalena, B.C.S., México. *Investigaciones Marinas, CICIMAR*, 4(1): 35-48.
- Seapy, R.R. & M.M. Littler. 1979. The distribution, abundance, community structure and primary productivity of macro-organisms from two central California rocky habitats. *Pacific Science* 32: 293-314.
- Stewart, J.G. 1989a. Maintenance of a balanced, shifting boundary between the seagrass *Phyllospadix* and algal turf. *Aquatic Botany* 33: 223-241.
- Stewart, J.G. 1989b. Establishment, persistence and dominance of *Corallina* (Rhodophyta) in the algal turf. *Journal of Phycology* 25: 436-446.

Recibido: 20 de febrero de 2005.

Aceptado: 23 de noviembre de 2005.