

**VARIACIÓN ESTACIONAL DE BIOMASA DE
Chondracanthus canaliculatus (RHODOPHYTA, GIGARTINALES)
ASOCIADA CON FACTORES AMBIENTALES, A TRAVÉS DE UN
ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES**

**SEASONAL BIOMASS VARIATION OF *Chondracanthus canaliculatus*
(RHODOPHYTA, GIGARTINALES) ASSOCIATED WITH
ENVIRONMENTAL FACTORS, USING A
PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS**

Guillermo Ballesteros-Grijalva¹
José Antonio Zertuche-González²
María Guadalupe García-Lepe²

¹Facultad de Ciencias Marinas
Universidad Autónoma de Baja California
Apartado postal 453
Ensenada, Baja California, México

²Instituto de Investigaciones Oceanológicas
Universidad Autónoma de Baja California
Apartado postal 453
Ensenada, Baja California, México

Recibido en septiembre de 1995; aceptado en junio de 1996

RESUMEN

Se determinaron las asociaciones entre la biomasa (peso seco) de *Chondracanthus canaliculatus* (Harvey) Guiry y la temperatura atmosférica y del agua, energía del oleaje y horas de exposición debidas a la marea, utilizando un análisis de componentes principales. Se tomaron muestras bimensuales de biomasa de *C. canaliculatus* desde noviembre de 1988 hasta noviembre de 1989. La biomasa de *C. canaliculatus* presentó un marcado ciclo estacional, con biomasa máxima en verano (670 g m^{-2}) y mínima en invierno (126 g m^{-2}). El análisis de componentes principales reveló que la biomasa alta ($>543 \text{ g m}^{-2}$) quedó asociada con temperaturas atmosféricas altas ($>21.4^\circ\text{C}$) y baja energía del oleaje ($<95.7 \text{ cm}$). La biomasa baja ($<323 \text{ g m}^{-2}$) estuvo asociada con temperaturas atmosféricas bajas ($<17.2^\circ\text{C}$) y tiempo de exposición al aire entre 81.5 y 109 h. Los valores de biomasa intermedios ($323\text{-}543 \text{ g m}^{-2}$) estuvieron asociados con temperaturas del agua altas ($>16^\circ\text{C}$).

Palabras clave: variación estacional de biomasa, *Chondracanthus canaliculatus*, análisis de componentes principales, factores ambientales, intermareal.

ABSTRACT

Associations between biomass (dry weight) of *Chondracanthus canaliculatus* (Harvey) Guiry and atmospheric and seawater temperature, wave energy and hours of tidal emersion were determined using a principal components analysis. Bimonthly samples of *C. canaliculatus* biomass were collected from November 1988 to November 1989. *Chondracanthus canaliculatus* biomass had a marked

seasonal cycle, with maximum values of biomass in summer (670 g m^{-2}) and minimum in winter (126 g m^{-2}). The principal components analysis showed that high biomass ($>543 \text{ g m}^{-2}$) was associated with high atmospheric temperatures ($>21.4^\circ\text{C}$) and low wave energy ($<95.7 \text{ cm}$). Low biomass ($<323 \text{ g m}^{-2}$) was associated with low atmospheric temperatures ($<17.2^\circ\text{C}$) and tidal emersion between 81.5 and 109 h. Medium biomass values ($323\text{-}543 \text{ g m}^{-2}$) were associated with high water temperatures ($>16^\circ\text{C}$).

Key words: seasonal biomass variation, *Chondracanthus canaliculatus*, principal components analysis, environmental factors, intertidal.

INTRODUCCIÓN

Chondracanthus canaliculatus (Harvey) Guiry es un alga roja intermareal. Se distribuye en la costa noroccidental de Norteamérica, desde Oregon (EUA) hasta Isla Magdalena en Baja California Sur (México). La biomasa de *C. canaliculatus* varía a lo largo del año, con valores máximos desde finales de primavera hasta principios de otoño (Littler y Murray, 1975; Murray y Horn, 1989; Ballesteros-Grijalva *et al.* 1990, 1991). Es una especie de importancia económica por su contenido de carragenano.

Se han realizado pocos estudios en las costas de California enfocados a establecer la relación que existe entre la cantidad de biomasa disponible y los factores ambientales (Horn *et al.*, 1983; Josselyn y West, 1985; Foster *et al.*, 1988). Murray y Horn (1989) estudiaron la influencia de los factores ambientales sobre las poblaciones de algas intermareales a lo largo de la costa de California central. Sus análisis (de componentes principales y matriz de correlación) indicaron que cinco de las especies de algas rojas carnosas o de una sola lámina, mostraban una variación significativa en sus abundancias. La máxima cobertura era alcanzada generalmente de mayo a septiembre. Una excepción fue *C. canaliculatus* en el nivel medio intermareal, que no mostró un patrón estacional. La matriz de correlación no determinó una asociación significativa entre la abundancia de esta especie y las variables abióticas estudiadas.

El presente estudio fue diseñado para determinar: (1) la variación estacional de la biomasa de una población intermareal de *C. canaliculatus*; (2) la relación entre esta biomasa

INTRODUCTION

Chondracanthus canaliculatus (Harvey) Guiry is a red seaweed from the intertidal zone. Its distribution is confined to the northwest coast of North America, from Oregon (USA) to Magdalena Island in Baja California Sur (Mexico). Standing stocks of *C. canaliculatus* are believed to be greater during late spring through early fall (Littler and Murray, 1975; Murray and Horn, 1989; Ballesteros-Grijalva *et al.*, 1990, 1991). It is a commercially important species due to its carrageenan content.

Few previous studies on California coastal seaweeds have focused on establishing relationships between standing stocks and environmental factors (Horn *et al.*, 1983; Josselyn and West, 1985; Foster *et al.*, 1988). Murray and Horn (1989) studied the influence of environmental factors on intertidal seaweed populations along the central California coast. Their analyses (principal components analysis and correlation matrix) indicated that five taxa of fleshy red or single sheet-like seaweed exhibited significant variation in their abundances, and they generally reach greatest cover from May to September. One exception was *C. canaliculatus* in the mid-intertidal level, which failed to show a seasonal pattern. The correlation matrix did not show a significant correlation between *C. canaliculatus* and any of the abiotic variables studied.

The present study was designed to determine: (1) seasonal biomass variation for an intertidal population of *C. canaliculatus*; (2) relationship between biomass and environmental factors using a principal components analysis (PCA).

y varios factores ambientales utilizando un análisis de componentes principales (ACP).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en una población intermareal de *C. canaliculatus* localizada en Punta San Isidro, costa del Pacífico de Baja California (México), a 185 km al sur de la frontera con los Estados Unidos (fig. 1). Los muestreos se realizaron bimensualmente de noviembre de 1988 a noviembre de 1989. La biomasa fue recolectada al azar, utilizando un cuadrante de 1 m² ($n = 12-15$) de un manto de 6,000 m² (área de campo cubierta por la especie), en los niveles bajo y medio intermareal. Con este tamaño de muestra se obtuvo normalidad en los muestreos.

La biomasa fue cosechada a mano (arrancada), de manera similar a como se hace con fines comerciales, dejando adherido al sustrato la parte basal de la planta (aproximadamente 10% de la biomasa), lo cual permite determinar la capacidad de repoblación del manto. Las muestras fueron secadas a 60°C hasta obtener peso constante (Downing y Anderson, 1985).

Los datos de temperatura atmosférica se obtuvieron de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Delegación Ensenada. La temperatura del agua se registró con termógrafos (Ryan M-J) con una precisión de $\pm 2\%$ ó 0.6°C y $\pm 0.2\%$ ó 3 min d⁻¹, calibrados antes y después de su instalación.

Los valores de energía del oleaje se obtuvieron del Coastal Data Information Program del Coastal Engineering Research Center (1989), en San Diego, California (EUA). Los valores de la altura media significativa (H^3 cm), medida en la isobata de los 10 m, corresponden a la costa frente a Mission Bay en California, 215 km al norte del área de estudio. Para verificar que estos valores eran equivalentes a los de Punta San Isidro, se realizó un estudio de refracción, utilizando una lancha Zodiac (Mark III) con un motor de 35 HP, un ecosonda (Raytheon 719-B) y dos teodolitos electrónicos (Keufel y Essel-Leitz, T5A). Las horas de exposición al aire se calcularon a partir de una tabla

MATERIALS AND METHODS

An intertidal seaweed population of *C. canaliculatus*, located on the Pacific coast of Baja California at Punta San Isidro, 185 km south of the border with the United States (fig. 1), was sampled bimonthly from November 1988 to November 1989. Biomass was collected randomly using a 1 m² quadrant ($n = 12-15$) from a 6,000 m² bed (field area covered with the species) at the mid and low intertidal zones. Care was taken to satisfy normality.

Biomass was harvested by hand, similarly to commercial fishermen, leaving behind the basal part of the plant (10% of the biomass, approximately), so that realistic repopulation capacity could be determined. Samples were dried at 60°C until obtaining constant weight (Downing and Anderson, 1985).

Atmospheric temperature data were obtained from the Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (Mexican Bureau of Agriculture and Hydraulic Resources, SARH), Ensenada office. Seawater temperature was recorded with thermographs (Ryan M-J) with an accuracy of $\pm 2\%$ or 0.6°C and $\pm 0.2\%$ or 3 min d⁻¹, which were calibrated before and after installation.

Wave energy values were obtained from the Coastal Data Information Program of the Coastal Engineering Research Center (1989) in San Diego, California (USA). The values correspond to the mean significant height (H^3 cm), measured at the 10 m isobath off the coast of Mission Bay, California, a site 215 km north of the study area. To verify that these values were equivalent to those off the coast of Punta San Isidro, a refraction study was done, using a Zodiac boat (Mark III) with a 35 HP motor, a depth-finder (Raytheon 719-B) and two electronic theodolites (Keufel and Essel-Lietz, T5A). Hours of tidal emersion were obtained from a tide table, considering the hours when the tide was below the mean tide level.

Data were analyzed using PCA (Minitab 6.1). This analysis reduces a data multitude of several variables (multidimensional) to a lower number (named components) to find the

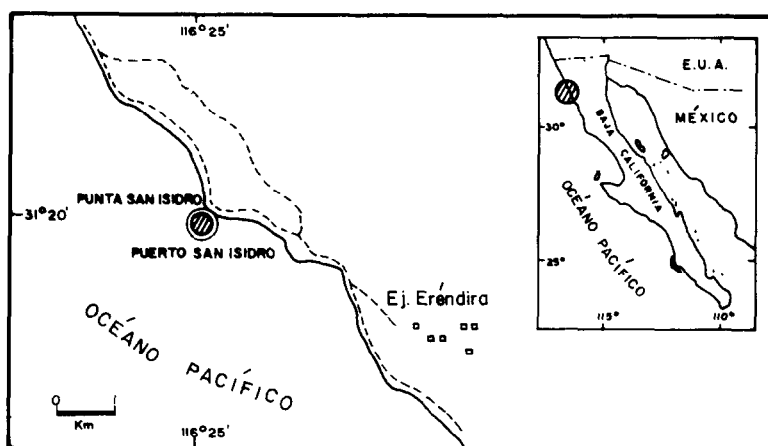


Figura 1. Área de estudio en la costa noroeste de Baja California, México.
Figure 1. Study area on the northwest coast of Baja California, Mexico.

de mareas, considerando las horas que la marea estuvo por debajo del nivel medio de marea.

Los datos fueron analizados con ACP (Minitab 6.1), que reduce un enjambre de datos de un conjunto de variables (multidimensional) a un número menor (denominadas componentes), para encontrar los patrones intrínsecos que el enjambre pueda poseer. Existen dos maneras de enfocar el ACP, la primera geométrica y la segunda numérica, siendo el primero el más utilizado. El geométrico presenta problemas al decidir cuál variable se encuentra en tal o cual componente, debido a que es una representación gráfica de una nube de puntos y surge la pregunta de qué tan separado debe de estar un punto para ser o no considerado dentro de la agrupación. En el enfoque numérico este problema no se presenta, pues las reglas para decidir si una variable pertenece a un componente son inflexibles (Santamaría-del Ángel, 1994). Este análisis se hizo para determinar la asociación entre la biomasa y los factores ambientales. Todos los valores fueron transformados a Z y se calculó la desviación estándar (DE) para cada factor. Estos valores fueron codificados, de manera arbitraria, en tres intervalos: bajo (B) cuando la DE resultó negativa, medio (M) para valores de DE positivos de cero a uno, y alto (A) para valores mayores a una DE.

intrinsic behavior of the data multitude. There are two ways to manage the PCA, the geometric and the numeric. The geometric way is more widely used, but it has problems when deciding which variable is found in which component, because it is a graphic representation of a points cloud and poses the question: how much distance should there be between points to be considered or not in the cluster? The numeric way does not have this problem because the rules that determine if a variable belongs to a cluster are inflexible (Santamaría-del Ángel, 1994). This analysis was used to determine the association of the biomass with environmental factors. All the values were transformed to Z and the standard deviation (SD) was calculated for each factor. These values were arbitrarily coded in three intervals: low (L) when the SD resulted negative, medium (M) for positive values from zero to one SD, and high (H) for values above one SD.

In the PCA, the significance criterion for each component was the eigenvalue; that is, if the value was >1.0 , the component was considered significant, whereas if it was <1.0 , it was not significant (Santamaría-del Ángel *et al.*, 1992).

From the PCA correlation matrix, the greatest absolute values in each row were selected.

En el ACP, el criterio de significancia para cada componente fue el valor propio (*eigen* valor), es decir, si el valor era >1.0 , el componente se consideró significativo, y si era <1.0 , no fue significativo (Santamaría-del Ángel *et al.*, 1992).

De la matriz de componentes se seleccionan los valores absolutos mayores en cada renglón. Posteriormente, se compararon en cada columna los valores (en pares) elegidos en cada renglón. Si hay dos o más valores seleccionados en cada columna indica una asociación. Si los signos son iguales la relación es directa, si son diferentes muestran una asociación inversa.

RESULTADOS

El ACP mostró que 5 de los 15 componentes fueron significativos (tabla 1). Sin embargo, sólo PC1 (33.9%), PC3 (20.2%) y PC4 (12.5%) incluyeron a la biomasa en sus relaciones. La suma de estos tres componentes explicó el 66.6% de la variación de la biomasa en relación con los cuatro factores ambientales.

La temperatura del agua fue mínima durante el periodo de enero a marzo (12°C), máxima de septiembre a noviembre (17°C) y el promedio para todo el año fue de 14.1°C ($\text{DE} = 1.9^{\circ}\text{C}$) (tabla 2). El intervalo de temperatura del agua baja (TAB) fue considerado para valores $<14.1^{\circ}\text{C}$, la temperatura del agua media (TAM) para valores entre 14.1 y 16°C (media + 1 DE) y temperatura del agua alta (TAA) para valores $>16.0^{\circ}\text{C}$. El resto de las variables fueron codificadas de manera similar (tabla 2).

La biomasa máxima se registró de julio a septiembre, con 670 g m^{-2} , y la mínima de enero a marzo, con 126 g m^{-2} . La biomasa promedio para todo el año fue de 323 g m^{-2} ($\text{DE} = 220 \text{ g m}^{-2}$) (tabla 2). Con base en estos resultados, se consideraron tres niveles de biomasa para el ACP: valores de biomasa bajos (BB) $<323 \text{ g m}^{-2}$, biomasa media (BM) entre 323 y 543 g m^{-2} y biomasa alta (BA) para valores $>543 \text{ g m}^{-2}$. La biomasa baja ($<323 \text{ g m}^{-2}$) se correlacionó con temperaturas atmosféricas bajas ($<17.2^{\circ}\text{C}$) y con un intervalo de exposición al aire entre 81.5 y 109 h . Los valores de biomasa intermedios ($323\text{-}543 \text{ g m}^{-2}$) se correlacionaron con las temperaturas del agua altas

Then, the values selected were compared (in pairs) along the column. If there are two or more selected values in each column, there is an association. If the signs are the same, there is a direct relation, if the signs are different there is an inverse association.

RESULTS

The PCA showed that 5 of the 15 components were significant (table 1). However, only PC1 (33.9%), PC3 (20.2%) and PC4 (12.5%) included biomass in their relations. The sum of these three components explained 66.6% of the variation of the biomass in relation to four environmental factors.

Water temperature was minimum during the period from January to March (12°C) and maximum from September to November (17°C). The mean temperature for the year was 14.1°C ($\text{SD} = 1.9^{\circ}\text{C}$). The low water temperature (LWT) range was considered for values $<14.1^{\circ}\text{C}$, medium water temperature (MWT) for values between 14.1 and 16°C (mean + 1 SD) and high water temperature (HWT) for values $>16.0^{\circ}\text{C}$. The rest of the variables were similarly coded (table 2).

Maximum biomass was recorded from July to September, with 670 g m^{-2} , and minimum from January to March, with 126 g m^{-2} . The mean biomass for the year was 323 g m^{-2} ($\text{SD} = 220 \text{ g m}^{-2}$) (table 2). Based on these results, three levels of biomass were considered for the PCA: low biomass (LB) for values $<323 \text{ g m}^{-2}$, medium biomass (MB) values between 323 and 543 g m^{-2} , and high biomass (HB) for values $>543 \text{ g m}^{-2}$. Low biomass ($<323 \text{ g m}^{-2}$) was correlated with low atmospheric temperatures ($<17.2^{\circ}\text{C}$) and tidal emersion in the $81.5\text{-}109 \text{ h}$ interval. Medium biomass ($323\text{-}543 \text{ g m}^{-2}$) was correlated with high seawater temperature ($>16^{\circ}\text{C}$). High biomass was related to high atmospheric temperatures ($>21.4^{\circ}\text{C}$) and low wave energy ($<95.7 \text{ cm}$).

DISCUSSION

The PCA applied in this work is numerical and, together with the ability of separating each factor into three intervals (L, M, H), it

Tabla 1. Análisis de componentes principales aplicado a una matriz de correlación de las variables codificadas. B: bajo, M: medio, A: alto, BIO: biomasa (peso seco), T-A: temperatura del agua, T-AT: temperatura atmosférica, E: energía del oleaje, EX-M: exposición por marea baja; (1) valor propio, (2) porcentaje del total, (3) porcentaje acumulado.

Table 1. Principal components analysis applied to the correlation matrix of the codified variables. B: low, M: medium, A: high, BIO: biomass (dry weight), T-A: water temperature, T-AT: atmospheric temperature, E: wave energy, EX-M: tidal emersion; (1) eigenvalue, (2) percentage of total, (3) cumulative percentage.

(1)	6.0936	4.5734	3.6369	2.2552	1.4409
(2)	0.339	0.254	0.202	0.125	0.0800
(3)	0.339	0.593	0.795	0.920	1.0000
Variables	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
B-BIO	0.322	0.062	-0.235	0.220	0.168
M-BIO	-0.155	0.158	0.451	0.024	-0.001
A-BIO	-0.252	-0.236	-0.153	-0.303	-0.212
B-T-A	-0.068	-0.383	-0.145	0.048	0.390
M-T-A	0.195	0.281	-0.202	-0.070	-0.414
A-T-A	-0.155	0.158	0.451	0.024	-0.001
B-T-AT	0.363	-0.156	0.089	-0.133	-0.107
M-T-AT	-0.154	0.323	0.031	0.351	0.259
A-T-AT	-0.252	-0.236	-0.153	-0.303	-0.212
B-E	-0.298	0.220	0.015	-0.321	-0.052
M-E	0.142	-0.092	-0.088	0.524	-0.364
A-E	0.220	-0.179	0.091	-0.232	0.531
B-EX-M	-0.348	-0.134	0.123	0.239	-0.006
M-EX-M	0.363	-0.156	0.089	-0.133	-0.107
A-EX-M	0.007	0.374	-0.277	-0.152	0.143

(>16°C). La biomasa alta se relacionó con temperaturas atmosféricas altas (>21.4°C) y energía del oleaje baja (<95.7 cm).

DISCUSIÓN

El ACP aplicado en este trabajo es numérico y tiene la capacidad de separar cada factor en tres intervalos (B, M, A). Este sistema permite que se muestre la relación entre las variables de una manera precisa e inflexible; este enfoque tiene una amplia ventaja sobre el método gráfico debido a que evita la interferencia de las variables no significativas.

En un estudio similar realizado en California (Murray and Horn, 1989), no se encontró una

allows the relation between the variables to show itself in a precise and inflexible manner. This approach has a clear advantage over the graphic method because it avoids interference from non-significant variables.

Murray and Horn (1989), in a similar study done in California, did not find clear associations with environmental factors with this particular species, possibly because they used the graphic PCA in which a "cloud of values" is projected, and from these it is difficult to decide which ones are considered inside the group. These authors did not separate each factor into intervals, which might have obstructed the manifestation of sensitivity between the variables.

Tabla 2. Medias bimensuales de los factores y la media anual con desviación estándar (MADE) para su transformación a Z (noviembre de 1988 a noviembre de 1989). BIO: biomasa (peso seco), T-A: temperatura del agua, T-AT: temperatura atmosférica, E: energía del oleaje, EX-M: exposición por marea baja. Valores medios con un 95% de intervalo de confianza, excepto EX-M.

Table 2. Bimonthly means of the factors and annual mean with standard deviation (MADE) for its transformation to Z (November 1988 to November 1989). BIO: biomass (dry weight), T-A: water temperature, T-AT: atmospheric temperature, E: wave energy, EX-M: tidal emersion. Average values with 95% confidence interval, except EX-M.

	BIO (g m ⁻²)	T-A (°C)	T-AT (°C)	E (cm)	EX-M (h)
Nov 26 - Ene 18	182 ± 45	15.5 ± 1.5	11.5 ± 1.3	113.0 ± 16.0	91.0
Ene 19 - Mar 15	126 ± 32	12.0 ± 0.9	13.5 ± 1.5	117.0 ± 15.0	90.0
Mar 16 - May 4	153 ± 36	12.1 ± 0.9	17.6 ± 1.9	102.0 ± 14.0	72.0
May 5 - Jul 3	302 ± 83	14.2 ± 1.3	18.3 ± 2.0	92.0 ± 12.0	124.0
Jul 4 - Sep 10	670 ± 83	14.1 ± 1.1	23.0 ± 2.5	76.0 ± 8.0	70.0
Sep 11 - Nov 14	508 ± 130	17.0 ± 1.5	19.4 ± 2.0	74.0 ± 7.0	42.0
MADE	323 ± 220	14.1 ± 1.9	17.2 ± 4.1	95.7 ± 18.2	81.5 ± 27.4

asociación clara de factores con esta especie en particular, tal vez debido a que ellos utilizaron el ACP gráfico en el cual se proyecta una "nube de valores" que hace difícil decidir cuáles deben ser considerados dentro del grupo. Estos autores no separaron cada factor en intervalos y esto tal vez impidió que se manifestara la sensibilidad entre las variables.

Los factores ambientales se comportaron de manera similar a lo reportado en otros estudios (Bakum, 1973; Álvarez-Borrego y Álvarez-Borrego, 1982; Horn *et al.*, 1983; Lobban *et al.*, 1985; Sousa, 1985; Littler y Littler, 1987; Foster *et al.*, 1988; Murray y Horn, 1989).

El PC1 mostró asociaciones en invierno entre biomasa baja y temperatura atmosférica baja. Este comportamiento es similar al observado por Abbott (1980), Foster *et al.* (1988) y Murray y Horn (1989) para esta especie en California, y por Ballesteros-Grijalva *et al.* (1990, 1991) en el norte de Baja California.

El PC3 mostró asociaciones en otoño entre la biomasa media con una temperatura del agua alta. Esta es una relación consistente, ya que en esta estación del año el descenso de la biomasa de *C. canaliculatus* coincide con las temperaturas del agua más altas del año de estudio. Esta relación la confirmamos procesando los datos de Murray y Horn (1989) para el norte

The environmental factors behaved in a manner similar to that reported in other related studies (Bakum, 1973; Álvarez-Borrego and Álvarez-Borrego, 1982; Horn *et al.*, 1983; Lobban *et al.*, 1985; Sousa, 1985; Littler and Littler, 1987; Foster *et al.*, 1988; Murray and Horn, 1989).

PC1 showed associations in winter between low biomass and low atmospheric temperature. This behavior is similar to that observed for this species in California by Abbott (1980), Foster *et al.* (1988) and Murray and Horn (1989) and in northern Baja California by Ballesteros-Grijalva *et al.* (1990, 1991).

PC3 showed associations in autumn between the medium biomass and high seawater temperature. This is a consistent relationship, since it is during autumn when the decrease in the density of *C. canaliculatus* starts, and when the highest seawater temperatures for the entire sampling period were found. We confirmed this relationship using the data of Murray and Horn (1989) for northern California, by averaging the percentages of cover at the two levels in the intertidal zone where these authors found *C. canaliculatus* from September to November.

PC4 showed associations in summer between high biomass and high atmospheric temperature and low wave energy, presenting an

de California, al promediar los porcentajes de cobertura de los dos niveles de la zona intermareal donde estos autores encontraron a *C. canaliculatus* durante el periodo de septiembre a noviembre.

El PC4 mostró una asociación en verano entre una biomasa alta, temperatura atmosférica alta y energía del oleaje baja. Asimismo, también presentó una relación inversa con energía del oleaje media. Éste es el ritmo estacional más fuerte (Foster *et al.*, 1988), pudiendo ampliarse este periodo desde el verano hasta principios del otoño en California (Murray y Horn, 1989). Sin embargo, en el norte de Baja California (Ejido Eréndira y Popotla), la biomasa máxima se encontró en la primavera de 1986 (Ballesteros-Grijalva *et al.*, 1990). Este hecho pudiera deberse a que en ese año las temperaturas atmosféricas en el primer trimestre fueron mayores que el promedio para el periodo de 1981 a 1991 (SARH).

AGRADECIMIENTOS

Hacemos un reconocimiento especial a S.N. Murray por sus sugerencias para el mejoramiento de este trabajo. También agradecemos el apoyo de la Secretaría de Educación Pública, a través de los convenios C88-01-0079 y C89-01-0186, y a la Universidad Autónoma de Baja California el financiamiento de esta investigación.

REFERENCIAS

- Abbott, I.A. (1980). Some field and laboratory studies on colloids producing red algae in central California. *Aquat. Bot.*, 8: 255-266.
- Álvarez-Borrego, J. and Álvarez-Borrego, S. (1982). Temporal and spatial variability of temperature in two coastal lagoons. *CalCOFI Rep.*, 23: 180-87.
- Bakum, A. (1973). Coastal upwelling indices, west coast of North America, 1946-1971. NOAA Tech. Rep. NMD5-SSRF-671: 1-103.
- Ballesteros-Grijalva, G., Labastida-Woods, J.U. y Durazo-Beltrán, E. (1990). Abundancia de *Gigartina canaliculata*, Harvey, en el Ejido Eréndira y Popotla, BC, México. *Ciencias Marinas*, 16(1): 23-34.
- inverse relation with medium wave energy. This is the strongest seasonal rhythm (Foster *et al.*, 1988), which could possibly broaden this period from summer until the beginning of autumn in California (Murray and Horn, 1989). Nevertheless, in northern Baja California (Ejido Eréndira and Popotla), the maximum biomass was found in the spring of 1986 (Ballesteros-Grijalva *et al.*, 1990) possibly because in that sampling year, the atmospheric temperatures in the first trimester were higher than the average of the period 1981-1991 (SARH).

ACKNOWLEDGEMENTS

We gratefully acknowledge the suggestions offered by S.N. Murray. We also appreciate the support of this research by the Secretaría de Educación Pública de México (projects C88-01-0079 and C89-01-0186) and the Universidad Autónoma de Baja California.

English translation by the authors.

- Ballesteros-Grijalva, G., Chauvet-Allard, G. y Durazo-Beltrán, E. (1991). Estimación de la abundancia de *Gigartina canaliculata* Harvey, en Bahía San Quintín, Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 17(2): 99-108.
- Coastal Engineering Research Center (1989). Coastal Data Information Center. Rep. Nov. 1988-Nov. 1989. Mission Bay Buoy, San Diego, California.
- Downing, J.A. and Anderson, M.R. (1985). Estimating the standing biomass of aquatic macrophytes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42: 1860-1869.
- Foster, M.S., De Vogelaere, A.P., Harold, C., Pearse, J.S. and Thum, A.B. (1988). Causes of spatial and temporal patterns in rocky intertidal communities of central and northern California. *Mem. Calif. Acad. Sci.*, 9: 1-45.
- Horn, M.H., Murray, S.N. and Seapy, R.R. (1983). Seasonal structure of a central California rocky intertidal community in relation to environmental variations. *Bull. South. Calif. Acad. Sci.*, 82: 79-94.

- Josselyn, M.N. and West, J.A. (1985). The distribution and temporal dynamics of the estuarine macroalgal community of San Francisco Bay. *Hydrobiologia*, 129: 139-152.
- Littler, M.M. and Murray, S.N. (1975). Impact of sewage on the distribution, abundance and community structure of rocky intertidal macro-organisms. *Mar. Biol.*, 30: 277-291.
- Littler, M.M. and Littler, D.S. (1987). Effects of stochastic processes on rocky-intertidal biotas: an unusual flash flood near Corona del Mar, California. *Bull. South. Calif. Acad. Sci.*, 86: 95-106.
- Lobban, C.S., Harrison, P.J. and Duncan, M.J. (1985). *Physiological Ecology of Seaweed*. Cambridge University Press, Cambridge, 424 pp.
- Murray, S.N. and Horn, M.H. (1989). Seasonal dynamics of macrophyte populations from an eastern North Pacific rocky-intertidal habitat. *Bot. Mar.*, 32: 457-473.
- Santamaría-del Ángel, E. (1994). El color de las aguas del Golfo de California registrado por el CZCS: Relaciones de la biomasa fitoplanctónica y los procesos físicos de mezcla. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, BC, México, 131 pp.
- Santamaría-del Ángel, E., Millán-Núñez, R. y Cajal-Medrano, R. (1992). Efecto de la energía cinética turbulenta sobre la distribución espacial de la clorofila *a* en una pequeña laguna costera. *Ciencias Marinas*, 18(4): 1-16.
- Sousa, W.P. (1985). Disturbance and patch dynamics on rocky intertidal shores. In: S.T.A. Pickett and P.S. White (eds.), *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press Inc., New York, pp. 101-124.