



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN ESTACIONAL E INTERANUAL
DE LA COSECHA DE *Gelidium robustum* EN
BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

BIÓL. CLAUDIA JUDITH HERNÁNDEZ GUERRERO

ÍNDICE

Glosario	i
Lista de figuras	iv
Lista de tablas	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
1. Introducción	1
2. Antecedentes	4
2.1 Características biológicas de <i>Gelidium robustum</i>	8
2.2 Factores ecológicos limitantes	9
2.3 Explotación del recurso	12
3. Justificación	13
4. Objetivos	13
5. Area de estudio	14
6. Materiales y Métodos	16
6.1 Fuentes de información	16
6.2 Ordenación y análisis de la información	17
7. Resultados	20
7.1 Cosecha comercial y esfuerzo pesquero ejercido en la pesquería de <i>Gelidium robustum</i>	20
7.2 Variación estacional de la CPUE	25
7.3 Variación interanual de la CPUE de <i>Gelidium robustum</i>	28
7.4 Variación estacional de las variables ambientales.....	31
7.5 Variación interanual de las variables ambientales.....	31

7.6 Variación interanual de la abundancia relativa (CPUE) de <i>Gelidium robustum</i> y su relación con las variables ambientales	34
8. Discusión	41
9. Conclusiones	50
10. Recomendaciones y sugerencias para trabajo futuro	52
II. Literatura citada	53

GLOSARIO

Abundancia relativa: Es una estimación del tamaño de una población (número de organismos por unidad de área o volumen) por medio de un conteo parcial de esta.

Buceo Hooka: Buceo semiautónomo, en el cual el buzo esta conectado mediante una manguera a la embarcación, que le suministra el aire por medio de un compresor.

Captura: Es el peso o número de organismos removidos de una población.

Carpogonio: En las rodofíceas, es el órgano femenino constituido por una célula más o menos cónica y ensanchada en su base, rematada por una tricógina en forma de pelo. Tiene dos núcleos, el femenino situado en la base y otro sin significado sexual, que corresponde a la tricógina.

Carpospora: Espora de algas rojas que se origina como resultado de la fertilización.

Carposporofito: En las rodofíceas, generación o fase vegetativa de morfología sencilla que comprende desde el desarrollo del carpogonio fecundado que lo produce, hasta la maduración de las carpósporas.

COADS: “Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set”. Base de datos mundiales de observaciones de la superficie marina generado por ORSTOM (Instituto Francés de Investigaciones Científicas para el Desarrollo) y NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

CPUE: Es una razón estimada de las estadísticas de captura y esfuerzo de una pesquería, utilizada como un índice de la abundancia relativa, en un período de tiempo.

Diploide: Término aplicado a la célula que contiene un par de cada tipo de cromosomas ($2n$).

El Niño: Variación oceánica interanual que produce cambios abruptos en los patrones de la presión atmosférica a nivel del mar y de los patrones de circulación atmosférica (vientos) del Pacífico, lo que se conoce como Oscilación del Sur (ENSO). Desde el punto de vista oceanográfico es un calentamiento anómalo del mar que se extiende a varios metros de profundidad, evitando el afloramiento de aguas ricas en nutrientes.

Esfuerzo de pesca: Son los sistemas empleados y aplicados en un tiempo dado, para capturar o extraer organismos de un cuerpo de agua.

Fase vegetativa: Período en el que las funciones reproductivas no son propiamente las sexuales.

Gelidiales: Orden de la División Rhodophyta y Clase Florídeofíceas, diplobiontes, es decir, con alternancia de generaciones.

Haploide: Condición en la cual un organismo (o una sola célula) tiene solamente una copia de cada gene (n).

Región de afloramiento: Es una zona más o menos amplia donde se lleva a cabo el movimiento ascendente de aguas profundas ricas en nutrientes, propiciado porque las aguas superficiales costeras son empujadas hacia afuera por el viento.

Surgencias: Es el movimiento ascendente de aguas profundas ricas en nutrientes, hacia las capas superficiales del océano, las cuales son transportadas por advección hacia afuera de la región del afloramiento.

Tetraspora: Cada una de las aplanósporas originadas en número de cuatro dentro de un tetrasporangio, típicas de las rodofíceas y en la formación de las cuales se produce, por regla general, la reducción del número de cromosomas.

Tetrasporófito: Generación diploide de las rodofíceas que produce tetrásporas haploides.

Tricógina: Órgano receptor alargado en forma de pelo incoloro, destinado a captar los espermacios y del que están dotados los órganos femeninos de las rodofíceas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Planta de *Gelidium robustum*

Figura 2. Ciclo de vida de *Gelidium robustum*

Figura 3. Área de estudio, dividida en las zonas de explotación de *Gelidium*.

Figura 4. Captura de *Gelidium* y esfuerzo pesquero aplicado en Baja California Sur de 1980 a 1994

Figura 5. Porcentaje de captura de *Gelidium* que aporta cada zona de explotación en Baja California Sur

Figura 6. Esfuerzo de pesca (en porcentaje) ejercido en las diferentes zonas de explotación de *Gelidium* en Baja California Sur

Figura 7. Captura, esfuerzo pesquero y CPUE de *Gelidium* en las diferentes zonas de explotación

Figura 8. Patrón estacional de la CPUE de *Gelidium* en Baja California Sur

Figura 9. Patrón estacional de la CPUE de *Gelidium* en las diferentes zonas de explotación de Baja California Sur

Figura 10. Variación interanual de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de *Gelidium* registrada en Baja California Sur de 1980 a 1994

Figura 11. Variación estacional de los parámetros ambientales en el área de Punta Eugenia a Punta San Hipólito, Baja California Sur

Figura 12. Variación interanual de los parámetros ambientales en el área de Punta Eugenia a Punta San Hipólito, Baja California Sur

Figura 13. Anomalías de la CPUE de *Gelidium* y de la temperatura superficial del mar (a), índices de surgencia (b) y velocidad del viento (c) en Baja California Sur

Figura 14. Variación de la CPUE de *Gelidium* bajo diferentes temperaturas e intensidades de surgencia en Baja California Sur

Figura 15. Anomalías de la CPUE de *Gelidium* y de la TSM (a), índice de surgencia (b) y velocidad del viento (c) en la zona 3

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Especies de *Gelidium* utilizadas como materia prima para la producción de agar en los países que tienen mayor contribución (Tomado de Santelices, 1988).

Tabla 2. Especies de *Gelidium* registradas en el Pacífico de Baja California= PBC, Golfo de California= GC y Pacífico Tropical mexicano= PTM. (Tomado de Rodríguez-Vargas et al., 1993).

Tabla 3. Valores de captura (C), esfuerzo (f) y CPUE en el período de 1980-1994; y coeficiente de correlación entre la captura y el esfuerzo pesquero en cada una de las zonas de explotación

Tabla 4. Valores de las correlaciones cruzadas entre la CPUE de *Gelidium* y los factores ambientales en Baja California Sur, con su respectivo período de retraso (estaciones)

Tabla 5. Resultados del análisis de regresión múltiple

ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN ESTACIONAL E INTERANUAL DE LA COSECHA DE *Gelidium robustum* EN BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

RESUMEN

La explotación de *Gelidium robustum* en México se inició en 1945, realizándose de manera continua hasta la fecha, llegando a ocupar en la actualidad el segundo lugar de la producción de algas marinas en la península de Baja California. Esta especie, es la única macroalga que se industrializa en nuestro país para la producción de agar alimenticio y bacteriológico en una fabrica localizada en Ensenada, Baja California. Aun cuando se conoce el valor económico de este recurso, no se han llevado a cabo investigaciones que indiquen la variabilidad estacional e interanual de su abundancia, lo que permitiría detectar cambios importantes en la población por fluctuaciones ambientales o sobreexplotación. Por lo que en este trabajo se analizaron datos de captura, esfuerzo pesquero y captura por unidad de esfuerzo (CPUE) como un índice de abundancia relativa del recurso de 1980 a 1994, con la finalidad de determinar su variabilidad espacio-temporal y el efecto que sobre esta tienen algunas variables climáticas como la temperatura superficial del mar, índices de surgencia y velocidad del viento, en el área comprendida de Isla Natividad a Punta Prieta, Baja California Sur. Los resultados mostraron que durante el período de estudio las capturas han disminuido a lo largo de los años, lo cual puede ser un reflejo del descenso en el esfuerzo pesquero aplicado o la decisión del pescador de explotar este u otro recurso en función de la disponibilidad o valor comercial. La CPUE, presentó cambios estacionales, con los registros más elevados en el verano, y los menores valores en el invierno. Interanualmente también existieron variaciones en la CPUE, con un incremento del 39% en los últimos años, observándose una clara correspondencia entre la variabilidad interanual de la CPUE y las fluctuaciones ambientales; los registros más altos de CPUE se correlacionaron de manera directa con los índices de surgencias y la velocidad del viento, encontrándose un desfase de 18 a 24 meses entre la presencia de surgencias positivas y valores altos de CPUE de *Gelidium*; mientras que con la temperatura la relación fue inversa, es decir, que durante años fríos la CPUE aumenta, mientras que en años cálidos disminuye. La intensidad de las surgencias fue la variable climática que más contribuyó a explicar las fluctuaciones interanuales de la CPUE de *Gelidium*. Las condiciones ambientales óptimas para esta alga se dan con las surgencias de intensidad moderada y temperaturas con valores por debajo del promedio.

ANALYSIS OF THE SEASONAL AND ANNUAL VARIATION OF *Gelidium robustum* FISHERIES IN BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO

ABSTRACT

Commercial exploitation of the marine algae, *Gelidium robustum* began in Mexico in 1945 and continues to the present. Today it holds second place in seaweed production in Baja California. It is the only seaweed that has been industrialized in Mexico in a factory in Ensenada, Baja California, and as a result of the process nourishing and bacteriology-grade agar is obtained, both with a high commercial value. Because of the economical importance of this resource, it is important to obtain knowledge on the variation in abundance between seasons and years, therefor will allowing us to detect major population changes that could be related to environmental fluctuations or overharvesting. This research analyzes data related to harvesting, harvesting effort and catch-per-unit-of-effort (CPUE). This last indicator is used as an index of relative abundance of the resource from 1980 to 1994. The objective was to determine how climatic variables, such as sea surface temperature, upwelling indexes and wind speed affect the spatial and temporal variability of the species. The study area was from Isla Natividad to Punta Prieta in Baja California Sur. During 1980-1994 there was a decline in the production, which was related to a decrease in the harvesting effort and the strategy of the fishermen to exploit other resource that are more available or have a higher market value. The CPUE showed seasonal variation, with the higher records in the summer and the lower ones in the winter. The CPUE also showed annual variation, with an increase of 39% in recent years. There is a clear relationship between CPUE variability and climatic changes between years. The higher records of CPUE were directly correlated with the upwelling index and wind speed. There is a disarrange of 18 to 24 months between positive anomalies of upwellings and high records of CPUE. In contrast the temperature and CPUE were inversely correlated, indicating that during cold years the CPUE for *Gelidium* increases and in warm years it decreases. The intensity of the upwelling was the environmental factor that had more influence in the inter-annual CPUE fluctuations of *Gelidium*. The optimal environmental conditions for the presence of this algae is with moderate upwelling and when the values of temperature are lower than average.

1. INTRODUCCIÓN

Existe un gran interés a nivel mundial por las especies de algas rojas del género *Gelidium*, debido a la alta calidad del agar que se obtiene a partir de ellas, y la creciente demanda de sus derivados, los cuales tienen múltiples aplicaciones en bacteriología para la elaboración de medios de cultivo, así como en la industria alimenticia y farmacéutica, por sus propiedades como estabilizador, emulsificador y agente gelificante.

La producción mundial de agarofitas en 1991, fue de 48,340 toneladas métricas secas, de la cual el 44% lo aportaron diversas especies de *Gelidium* con 21,500 t. De esta producción, los países que tienen mayor contribución son España (20%), donde se utilizan cuatro especies como materia prima para la producción de agar, siendo una de las principales *G. sesquipedale*. El segundo lugar lo ocupa Marruecos que aportó el 18.5%, utilizando especies como *G. corneum* y *G. spinulosum*; Japón (14.5%), donde se utilizan una gran cantidad de especies para la producción de agar. En Corea del Sur se utilizan cuatro especies, y contribuyen con el 13.5%; México aporta el 10 %, utilizando sólo una especie. Otros países con relativa importancia son Portugal (9.5%), Indonesia (6.5 %) y Chile (2%) (Tabla 1) (McHugh, 1991; Santelices, 1988).

En México, específicamente en la región del Pacífico se tienen registros de 13 especies de *Gelidium*, de las cuales hay 10 representantes en el Pacífico de Baja California, 7 especies en el Golfo de California y 5 especies en el Pacífico Tropical mexicano (Tabla 2) (Rodríguez-Vargas *et al.*, 1993). Sin embargo sólo una especie es utilizada como materia prima para la industria del agar en México, siendo esta *Gelidium robustum* (Gardner) Hollenberg y Abbott, con la cual se ha colocado dentro de los principales países productores de agarofitas, generando ingresos por venta de algas y agar de alrededor de cuatro millones de dólares al año (Zertuche, 1993).

Los mantos de *Gelidium robustum* sujetos a explotación en México se localizan en la costa occidental de la península de Baja California, donde se concentran las más altas

País	Especies
España	<i>G. sesquipedale</i>
	<i>G. cartilagineum</i>
	<i>G. corneum</i>
	<i>G. arbuscula</i>
Marruecos	<i>G. corneum</i>
	<i>G. spinulosum</i>
Japón	<i>G. amansii</i>
	<i>G. attenuatum</i>
	<i>G. crinale</i>
	<i>G. divaricatum</i>
	<i>G. elegans</i>
	<i>G. japonicum</i>
	<i>G. latifolium</i>
	<i>G. linoides</i>
	<i>G. nudidrons</i>
	<i>G. pacificum</i>
	<i>G. planiusculum</i>
	<i>G. subcostatum</i>
	<i>G. subfastigiatum</i>
	<i>G. tenue</i>
	<i>G. vagum</i>
Corea del Sur	<i>G. japonicum</i>
	<i>G. linoides</i>
	<i>G. pacificum</i>
	<i>G. subcostatum</i>
México	<i>G. robustum</i>
Portugal	<i>G. sesquipedale</i>
	<i>G. corneum</i>
Indonesia	<i>G. latifolium</i>
Chile	<i>G. rex</i>
	<i>G. lingulatum</i>
	<i>G. chilense</i>

Tabla 1. Especies de *Gelidium* utilizadas como materia prima para la producción de agar en los países que tienen mayor contribución (Tomado de Santelices, 1988).

Especie	Localidad
<i>G. californicum</i>	PBC
<i>G. coronadense</i>	PBC, GC
<i>G. coulteri</i>	PBC, GC
<i>G. crinale</i>	PBC, GC, PTM
<i>G. deciduum</i>	PBC, GC
<i>G. johnstonii</i>	PBC, GC
<i>G. nudifrons</i>	PBC
<i>G. purpurascens</i>	PBC
<i>G. pusillum</i>	PBC, GC, PTM
<i>G. robustum</i>	PBC
<i>G. sclerophyllum</i>	GC, PTM
<i>G. galapagense</i>	PTM
<i>G. microdentatum</i>	PTM

Tabla 2. Especies de *Gelidium* registradas en el Pacífico de Baja California = PBC, Golfo de California=GC y Pacífico Tropical mexicano=PTM. (Tomado de Rodríguez-Vargas et al., 1993).

biomasas de esta especie y de otras macroalgas de valor comercial como *M. pyrifera* (Guzmán del Prío *et al.*, 1986; Zertuche, 1993).

La explotación de *Gelidium robustum* en México se inició en 1945, esta se ha mantenido estable, hasta llegar a ocupar actualmente el segundo lugar de la producción de algas marinas. En Baja California Sur, se cosecha desde Punta Queen hasta San Hipólito por las Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera (SCPP): Buzos y Pescadores, La Purísima, Bahía Tortugas, Emancipación, California de San Ignacio, Leyes de Reforma y la empresa privada Agar-Mex.

En la región, *Gelidium robustum* tiene gran importancia desde diferentes puntos de vista, ya que constituye parte del nivel primario de productividad orgánica, así como hábitat de invertebrados, y desde el punto de vista económico por el agar que contiene, polisacárido que forma parte de su pared celular (Molina, 1986). *Gelidium robustum* es la única macroalga que es industrializada en nuestro país, su industrialización empezó en 1956, cuando la Compañía Agar-Mex inició su transformación para producir agar bacteriológico y alimenticio, actualmente esta empresa cuenta con una capacidad instalada para procesar 1,200 t secas de algas (Guzmán del Prío, 1993). Existe otra planta industrializadora en Bahía Tortugas, B.C.S., que se estableció a mediados de los ochenta, que cuenta con capacidad para procesar 1,200 t de *Gelidium seco* al año; sin embargo, hasta 1993 dicha planta no había podido mantener una producción óptima, operando solo al 20% de su capacidad (Guzmán del Prío, 1993); actualmente esta planta sólo realiza pruebas de producción debido a problemas técnicos.

Si operaran regularmente ambas plantas procesadoras, se requerirán de aproximadamente 2,400 t de *Gelidium robustum seco* al año, por lo que aparece la incógnita de si el recurso será suficiente para abastecer los requerimientos de producción; debido a esto es necesario conocer su abundancia y la variación espacio-temporal del mismo en las diferentes zonas de explotación, y el efecto que algunas variables climáticas pueden tener en las fluctuaciones del recurso.

2. ANTECEDENTES

En México, *Gelidium robustum* ha sido objeto de estudio desde finales de los sesenta, siendo los pioneros Guzmán del Prío y Granados (1968) quienes después de realizar un reconocimiento de la costa de la península de Baja California, mencionan que esta especie se distribuye desde Isla Coronado hasta Bahía Magdalena, pero los mantos de mayor densidad llegan únicamente hasta Punta Abreojos. Posteriormente en la zona de Salsipuedes, Baja California: se realizaron estudios preliminares de la velocidad de

crecimiento bajo dos sistemas de cosecha, arranque a mano y corte con tijera; en el primer caso se obtuvo un crecimiento promedio mensual de 19 mm, mientras que en el caso de los mantos cortados con tijera, el crecimiento fue de 28 mm al mes (Guzmán del Prío y De La Campa, 1969).

En la década de los setenta se empezaron a realizar investigaciones sobre el ciclo reproductor y germinación de esporas de *Gelidium robustum*, encontrando que la germinación fue máxima en el verano, ya que al parecer con el ascenso de la temperatura se acelera el proceso de maduración sexual de la planta y por consiguiente favorece una intensa producción de esporas; mientras que en el invierno ocurre un fenómeno inverso, y la germinación disminuye (Guzmán del Prío *et al.*, 1972). En cuanto a crecimiento se encontró que este varía estacionalmente, habiéndose registrado un crecimiento de 0.63 mml/día durante el verano y de 0.31 mml/día en invierno; en general la tasa de crecimiento es de 170 mm/año para plantas que se desarrollan en Baja California Sur (Guzmán del Prío y De la Campa, 1979). También se realizaron las primeras evaluaciones de biomasa en Baja California Sur, encontrándose valores de biomasa de 1.08 a 2.0 kg/m² entre Isla Asunción y Bahía Tortugas, y valores de biomasa total estimada de 1.2 a 1.3 toneladas de peso húmedo para esa zona (Guzmán del Prío y De la Campa, 1979).

Posteriormente Guzmán del Prío *et al.*, (1986) realizaron una recopilación de diversas investigaciones efectuadas sobre algas marinas de importancia económica, entre ellas *Gelidium robustum*; en donde se presenta su distribución geográfica, ubicación ecótica, ciclo de vida, método de cosecha, volúmenes cosechados, utilización y mercado. Con base en esto realizaron un diagnóstico del grado de desarrollo de las investigaciones biológicas, tecnológicas y de explotación. En el mismo año, Molina (1986) realizó una recopilación bibliográfica de los antecedentes, situación actual de *Gelidium robustum*, sus características bioquímicas, la técnica de cosecha y la intensidad con que se practica.

Casas y Fajardo (1990) efectuaron un análisis preliminar de la explotación de este recurso en Baja California Sur, a partir del cual pudieron definir que esta especie contribuyó en un 12.5% a la producción nacional de algas de 1968 a 1978, en tanto que de 1979 a 1986 aumento su aporte a un 30 %, concluyendo que la zona más explotada fue la de Punta Eugenia a Bahía Tortugas.

Aguilar y Aguilar (1990) mencionan que el valor comercial de *Gelidium robustum* esta determinado en parte por la presencia de un briozooario (*Membraniphora tuberculata*) que cubre con una placa calcárea a la planta, disminuyendo su calidad y por lo tanto su precio en el mercado; el *Gelidium* de primera calidad no presenta ninguna placa calcárea, su valor oscila alrededor de los \$ 1,600 dólares por tonelada seca, mientras que las plantas con gran cantidad de placas calcáreas, se denominan de tercera o cuarta calidad, y el precio disminuye a los \$900 dólares por tonelada seca. Por lo que los mantos en los cuales no se presenta o aparece en menor cantidad dicho briozooario, son explotados más intensamente.

Salgado y Uribe (1991 a) describen las características estructurales de una población de *Gelidium robustum* en estado natural en Punta San Miguel, Baja California; encontrando que la mayor cantidad de juveniles se presenta en verano, así como, plantas más frondosas con mechones más gruesos y una mayor biomasa promedio, la cual se puede recuperar seis meses después de la cosecha, siempre y cuando el podado del manto no sea total.

En el mismo año se realizaron algunas estimaciones preliminares de la biomasa disponible en ciertas zonas de explotación y se compararon con la de Punta San Miguel, que es considerada un área natural. Observando que las Islas Cedros y Natividad presentaron una biomasa disponible nueve veces menor que la de Punta San Miguel (2.83 t secas/ ha), existiendo en las primeras zonas una gran presión de cosecha (Salgado y Uribe, 1991b).

Espinoza y Rodríguez (1992) determinaron valores promedio de rendimiento y fuerza de gel del agar de *Gelidium robustum*. Debido a que no encontraron una variación estacional en los resultados, concluyen que no es posible sugerir un período óptimo de cosecha, como se ha propuesto para otras Gelidiales, con base en su calidad y cantidad de agar.

Pacheco y Zertuche (1995) midieron el crecimiento de *Gelidium robustum in situ* y en tanques de cultivo, bajo diferentes intensidades de velocidad de corriente y agitación, observando que el crecimiento de esta especie se incrementa por el efecto del movimiento del agua sobre la planta, obteniendo en condiciones semicontroladas un crecimiento de 3.5% /día e *in situ* de 1.5% /día.

Por otro lado, la variabilidad climática en el océano, y la forma en que afecta la distribución y abundancia de poblaciones marinas es un tema de gran interés. A partir de los años setenta las investigaciones en este campo se fueron incrementando, debido a que se observaron condiciones climáticas que provocaron problemas en la pesca; presentándose explosiones drásticas o colapsos de diferentes poblaciones (Longhurst *et al.*, 1972; Clark *et al.*, 1975; Lasker, 1978).

Los efectos de la variación climática en el noroeste mexicano han sido estudiados recientemente, y de los recursos marinos de esta área se han analizado parcialmente las pesquerías de sardina y camarón, observándose que las fluctuaciones en la captura de estos recursos están estrechamente relacionadas con la variación de las condiciones medioambientales (Lluch-Belda *et al.*, 1991 y 1992). También se han realizado trabajos con la pesquería de langosta, encontrando que existe una relación directa entre las oscilaciones de la captura y la variabilidad térmica en el orden de décadas y una relación inversa entre las surgencias y los niveles de captura con desfases de cinco años (Vega y Lluch-Cota, 1991). Con respecto a la pesquería de abulón, se ha observado que el incremento en la temperatura del agua y la poca disponibilidad de nutrientes, afectan de

manera directa el crecimiento y reclutamiento del abulón, existiendo también un efecto de manera indirecta por la relación de estos parámetros ambientales con *Macrocystis*, el alga de la cual se alimenta (Lluch-Belda *et al.*, en prensa). En el caso de macroalgas se tiene conocimiento que el fenómeno de El Niño afecta drásticamente el crecimiento de plantas adultas y juveniles de *Macrocystis pyrifera* (North y Zimmerman, 1984; Dean y Jacobsen, 1984; 1986). Sin embargo, en el caso de *Gelidium robustum* no se conocen estudios al respecto.

2.1 Características biológicas de *Gelidium robustum*

Gelidium robustum (Gardner) Hollenberg y Abbott, conocida comúnmente como *sargazo rojo* o *gelidio*, pertenece al complejo aunque reducido orden Gelidiales. Es una planta erecta de color rojo vino con ejes inferiores no **ramificados**; la parte superior presenta ramificación lateral, pinada, plana y de contorno piramidal (Fig. 1). Presenta una altura promedio de 31 a 37 cm aunque pueden encontrarse **especímenes** hasta de un metro (Guzmán del Prío *et al.*, 1986).

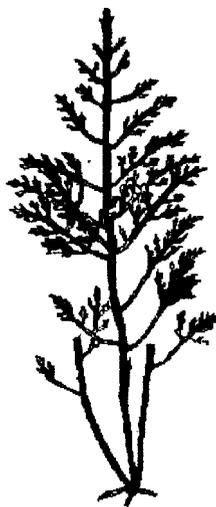


Figura 1. Planta de *Gelidium robustum* (Tomada de Guzmán del Prío *et al.*, 1986).

Esta especie tiene un ciclo de vida trifásico con alternancia de generaciones (Fig.2). Presenta gametofitos haploides masculinos y femeninos de vida libre y dos fases diploides, una de vida libre (el tetraesporofito) y otra (el carposporofito) que parasita al gametofito femenino (Lee, 1989; Cole y Sheath, 1990). Las estructuras reproductoras se presentan durante todo el año; siendo las plantas tetraspóricas considerablemente más abundantes que las carpospóricas a lo largo del año (Barilotti y Silverthorne, 1972), estas últimas tienen una mayor fecundidad y un período de actividad reproductora más prolongado (Guzmán del Prío et al., 1972).

La distribución general de esta especie en la costa occidental de Norteamérica comprende desde el sur de la Columbia Británica (Canadá) hasta Isla Margarita en Baja California Sur (Guzmán del Prío et al., 1986).

Las algas de esta especie se localizan desde la línea de más baja marea hasta una profundidad de 15 a 16 m, aunque algunos autores como Dawson (1961) la citan hasta 20 m; es muy poco frecuente encontrarla arriba del nivel medio de la marea, ya que la desecación es un factor limitante en su extensión vertical. Esta especie es característica de fondos rocosos con oleaje de gran intensidad y continuo movimiento. Forma bancos densos en hábitats sombreados, y es común encontrarla formando parte de la vegetación asociada a los mantos de *Macrocystis pyrifera* (Guzmán del Prío et al., 1986).

2.2 Factores ecológicos limitantes

La intensidad luminosa junto con la temperatura, algunos nutrientes y el tipo de sustrato son los parámetros ambientales más determinantes sobre la fisiología y productividad en las especies de *Gelidium*.

La luz es un factor determinante en el crecimiento, estructura y distribución de las especies de *Gelidium*, las cuales son dominantes en condiciones de baja intensidad

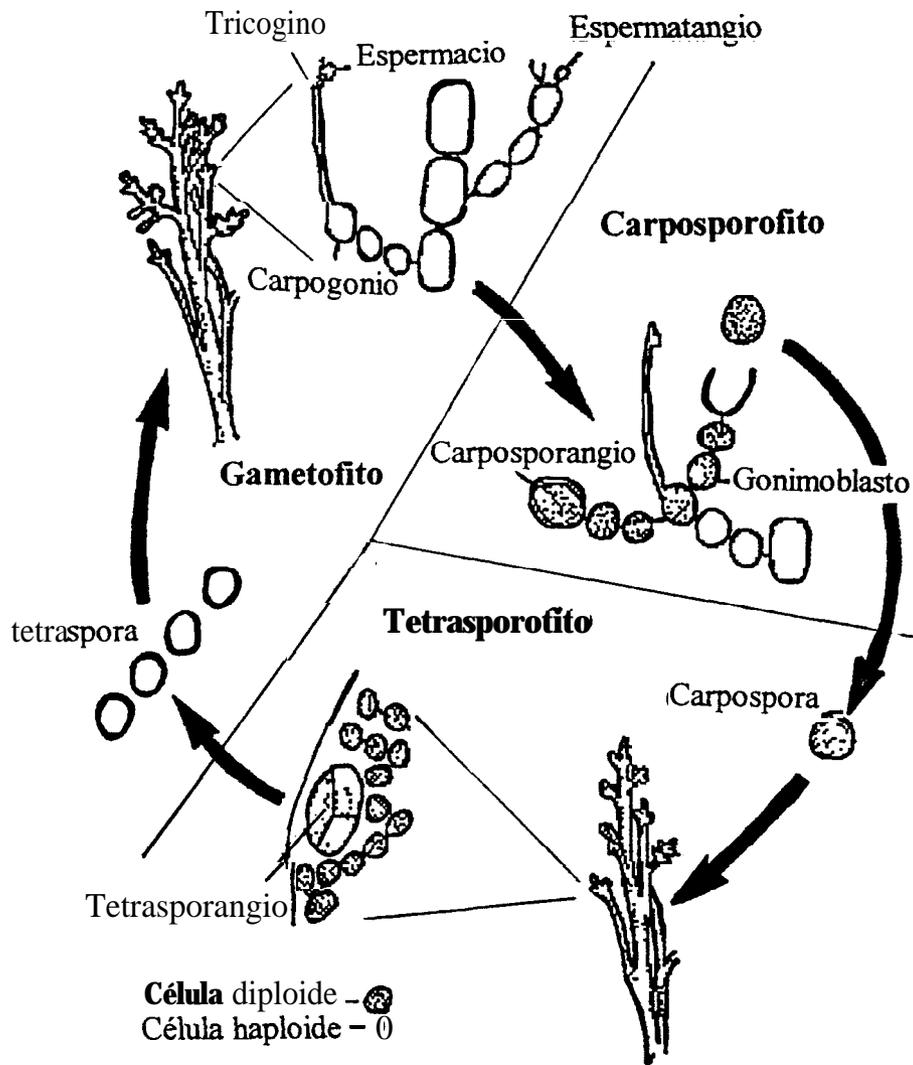


Figura 2. Ciclo de vida de *Gelidium robustum*

luminosa (Santelices, 1988). Por otra parte el efecto de la luz en la concentración de pigmentos (clorofila a y d, α y β carotenos, ficoeritrinas, luteína y zeaxantina) tiene relación con la síntesis y calidad del agar elaborado por la planta (Molina, 1986).

El efecto de la temperatura está estrechamente relacionado con la distribución y los patrones estacionales de crecimiento. Durante el verano, el aumento en la temperatura parece acelerar la maduración sexual de las plantas de *Gelidium robustum* favoreciendo una mayor producción de esporas; mientras que durante el invierno el fenómeno resulta inverso. La temperatura influye igualmente en la germinación de las esporas, se ha observado que los paquetes de carposporas o tetraesporas comienzan a germinar cuando el agua tiene una temperatura entre 21 y 23.2 °C (Guzmán del Prío *et al.*, 1972). Por otra parte, las marejadas y mareas vivas depositan las esporas en la zona supralitoral manteniendo el repoblamiento, sin embargo, cuando las marejadas y tormentas son fuertes pueden en algunos casos, disminuir seriamente la abundancia de la especie (Santelices, 1988).

Esta especie está asociada a zonas donde la acción del oleaje es intensa, y se ha observado que el movimiento del agua estimula el crecimiento de *Gelidium robustum* (Pacheco y Zertuche, 1995), debido a que mayor movimiento del agua da como resultado una buena difusión y suplemento de nutrientes, y en consecuencia, el crecimiento rápido de las plantas (Santelices, 1991 citado en Pacheco y Zertuche, 1995).

Estudios realizados con otras especies de *Gelidium* han indicado que existe una posible relación entre la morfología y el sustrato; las especies que habitan zonas de arrecife o donde las rocas son muy grandes crecen en frondas erectas con ejes bien desarrollados, mientras que especies sujetas a pequeñas rocas rodeadas de arena crecen en forma de mechones con ejes diminutos (Santelices, 1988).

2.3 Explotación del recurso

En Baja California Sur, la cosecha comercial de *Gelidium robustum* ha sido permanente y aún cuando las capturas han disminuido en los últimos años, la producción de esta área representa una fuente importante de suministro de materia prima para la producción de agar-agar, ya que desde 1980 Baja California Sur ha aportado el 47% del *Gelidium* cosechado a nivel nacional (Casas y Hernández-Guerrero, 1996).

La cosecha de esta alga se realiza desde una lancha de madera o fibra de vidrio, con eslora de 16 a 18 pies, motor fuera de borda de 40 a 60 HP y compresor de 1 a 2 pistones. La tripulación esta integrada por tres personas; el buzo, el remero y el “cabo de vida”, se le denomina así a la persona que cuida la manguera y el cabo de seguridad. En algunos equipos, el remero hace las veces de “cabo de vida”, reduciéndose la tripulación a dos hombres (Guzmán del Prío *et al.*, 1986).

La cosecha de *Gelidium robustum* se lleva a cabo por medio del buceo de tipo Hooka, para lo cual se requiere un compresor y tanque de reserva de aire. El buzo esta conectado a la embarcación por un cabo de seguridad y una manguera que le suministra el aire. Una vez en el fondo se desplaza, arrancando a mano las algas que coloca en una bolsa de malla la cual se sube manualmente a bordo cuando esta llena. Al término de la jornada el alga se extiende en la playa para secarse al sol y posteriormente se forman pacas de aproximadamente 60 kg utilizando una prensa, y se trasladan a las plantas receptoras (Guzmán del Prío *et al.*, 1986).

La extracción de *Gelidium robustum* se realiza durante todo el año, siendo más intensa de mayo a septiembre, aprovechando las condiciones meteorológicas óptimas. La intensidad de la cosecha presenta variaciones, ya que los pescadores alternan su actividad con la captura de otros recursos, como abulón y langosta (Casas y Fajardo, 1990).

3. JUSTIFICACIÓN

En la costa occidental de la península de Baja California, *Gelidium robustum* ha sido explotado comercialmente por más de cincuenta años, para abastecer de materia prima a la industria del agar en México y en el extranjero.

Aunque es conocida la importancia económica de este recurso, ya que mediante su exportación se generan grandes divisas para el país, no se han establecido inspecciones periódicas que indiquen la variación estacional o interanual de su abundancia, lo que permitiría conocer el estado que guarda esta pesquería en Baja California Sur; región que aporta del 47% de la producción nacional. A falta de esta información y tomando en cuenta que este recurso está sujeto a una pesquería constante, se consideró importante utilizar datos de CPUE, como un indicador de la abundancia relativa.

Conocer los cambios de la CPUE a lo largo del tiempo y su relación con algunas variables ambientales permitirán detectar el efecto que las fluctuaciones ambientales tienen sobre el recurso. Este tipo de estudios son de gran utilidad para la mejor planeación en el manejo racional de un recurso.

4 OBJETIVO

Determinar la variación estacional e interanual de la CPUE como un indicador de la abundancia relativa de *Gelidium robustum* y su relación con las principales variables climáticas en Baja California Sur, durante el período de 1980 a 1994.

Objetivos específicos

- I) Determinar la cosecha y el esfuerzo de pesca ejercido en *Gelidium robustum* de 1980 a 1994 de manera global en Baja California Sur, así como por zonas de explotación.
- II) Determinar la cosecha por unidad de esfuerzo de *Gelidium robustum* de 1980 a 1994 de manera global en Baja California Sur, así como por zonas de explotación.

- III) Analizar la variación espacio-temporal de las series de captura por unidad de esfuerzo.
- IV) Determinar si existe una relación entre la variación de la captura por unidad de esfuerzo de *G. robustum* y las fluctuaciones climáticas de la zona.

5. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en la región Pacífico Norte de Baja California Sur; entre 27° y 27° 54' N y 114° y 115° 15' W. Al oeste de Guerrero Negro y de la región del desierto del Vizcaíno, Municipio de Mulegé. Se tiene acceso por vías terrestre, marítima y aérea.

En esta área, *Gelidium* es cosechado por las Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera: Buzos y Pescadores, La Purísima, Bahía Tortugas, Emancipación, California de San Ignacio, Leyes de Reforma y AGARMEX, por lo que se determinó dividirla en seis zonas considerando principalmente el área de influencia de cada Cooperativa: zona 1, comprende Isla Natividad; zona 2, Punta Chester Rock; zona 3, de Punta Eugenia a Bahía Tortugas; zona 4, de Puerto Escondido a Punta San Pablo; zona 5, de Punta San Pablo a Bahía Asunción y la zona 6, Punta Prieta (Fig. 3).

Esta zona se distingue por tener bahías y lagunas costeras protegidas con abundante flora típica de zonas templadas y aguas frías asociadas a surgencias. Con temperatura ambiente media anual que fluctúa entre 18° y 22°C.

Las características templadas de la región se deben a la influencia de la corriente oceánica fría de California y al sistema de alta presión semipermanente del Pacífico nororiental que proporciona lluvias en los meses invernales (Salinas-Zavala *et al.*, 1991).

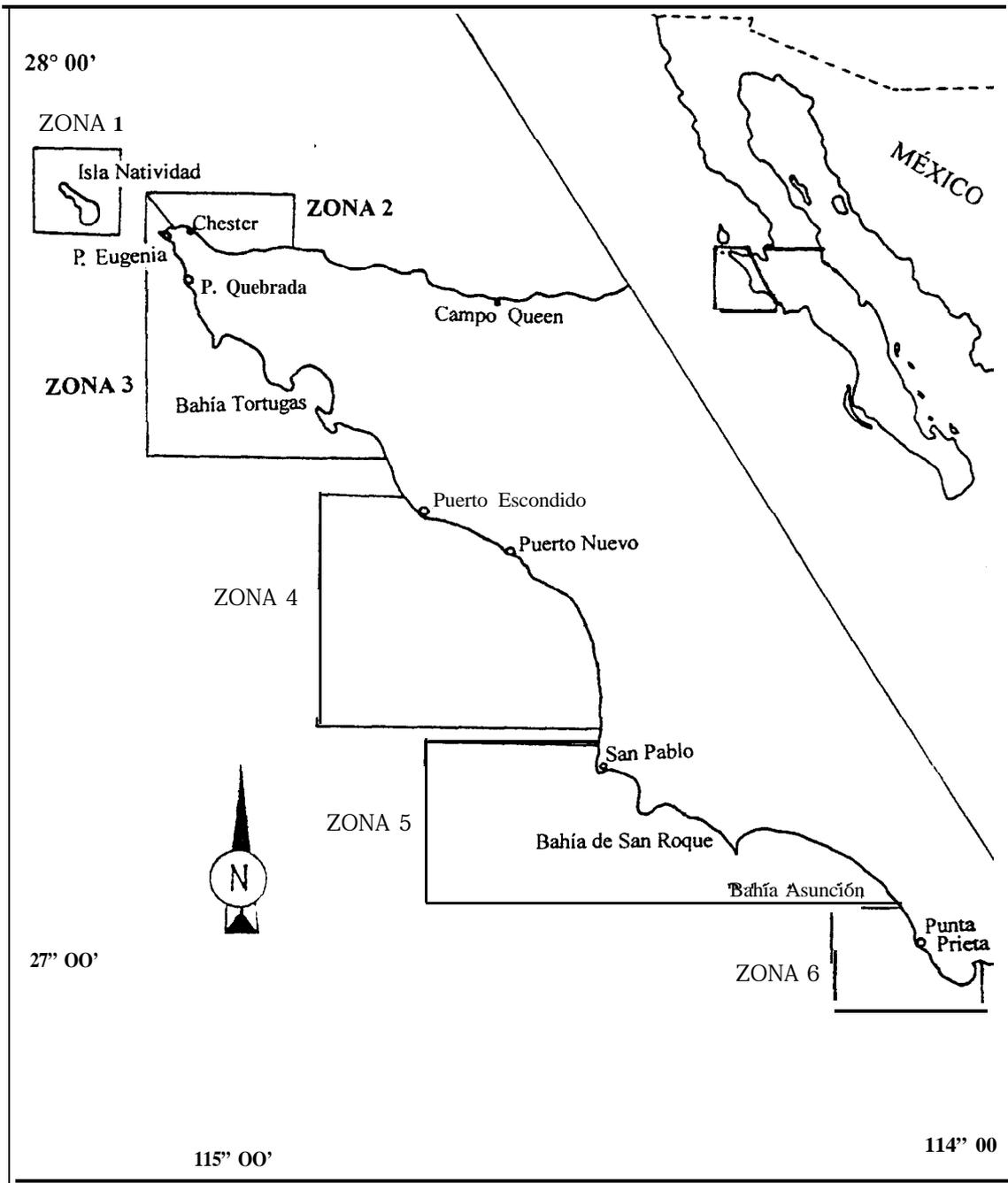


Figura 3. Área de estudio, dividida en las zonas de explotación de *Gelidium* (Tomada y modificada de Casas y Fajardo, 1990).

Esta zona se ve afectada por fenómenos de variabilidad interanual que repercuten sobre la abundancia de recursos pesqueros; dentro de los más importantes se presentan calentamientos como “El Niño” y períodos de enfriamiento como “La Niña” (Murphree y Reynolds, 1995).

6. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se utilizaron datos de la cosecha comercial de *Gelidium robustum* en Baja California Sur, así como datos ambientales para la zona de estudio de 1980 a 1994.

6.1 Fuentes de información

Los datos de cosecha comercial, se obtuvieron a partir de los avisos de arribo proporcionados por el Departamento de Informática de la Delegación Federal de Pesca de Baja California Sur, así como de las oficinas de Pesca de Bahía Tortugas y Bahía Asunción. La información contenida en dichos avisos es la siguiente: volumen de *Gelidium robustum* cosechado en peso seco por día, fecha y lugar de la cosecha, concesionario, número de pescadores, y número de equipos que participan en la cosecha para los años de 1980 a 1994.

La base de datos ambientales que se utilizó es la denominada COADS (Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set) que consiste de un conjunto de datos mundiales de observaciones en la superficie marina. La información contiene promedios mensuales de temperatura superficial del mar (TSM en °C) y velocidad del viento (VV) en unidades de m/s. La información proviene de mediciones tomadas en cuadrantes oceánicos de 2” X 2°, por lo que en este caso se seleccionaron los registros para las latitudes de 26° a 28” N, en el período de enero de 1980 a diciembre de 1990. Para estas mismas latitudes se

utilizó una base de datos de índices de surgencia de Bakun (IS), a partir de la cual se tomaron los valores promedio mensual del período de enero de 1980 a diciembre de 1994. Las unidades en que se expresan estos índices son m^3/s por cien metros de costa, y son indicadores del transporte de Ekman hacia fuera de la costa (Bakun, 1973).

6.2 Ordenación y análisis de la información

Con la información de cosecha de *Gelidium robustum* se integró una base de datos, con un total de 2685 registros; la cual contiene la siguiente información: zona de explotación, nombre del concesionario o permisionario que opera en esa zona, fecha, volumen cosechado y número de equipos que participaron en la cosecha.

A partir de ésta base de datos se estimaron los valores mensuales y anuales de cosecha en Baja California Sur, y en cada una de las zonas de explotación, así como el esfuerzo pesquero definido en este caso como el número de equipos que participaron en la cosecha al mes. Los valores anuales de cosecha se relacionaron con el esfuerzo pesquero a través de un modelo de regresión lineal simple.

Se calculó la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) estacional y anual para cada zona de explotación, utilizando la siguiente relación (Ehrhardt, 1981):

$$CPUE = C/f$$

Donde:

C = volumen seco de alga cosechado en kilogramos

f = esfuerzo pesquero (número de equipos/mes)

La CPUE fue empleada como un índice de la abundancia relativa de la población explotada en cada área, las unidades en que se expresa son **kg/equipo/mes**. Cabe señalar que debido a que todas las lanchas que realizan la cosecha de *Gelidium robustum* tienen las mismas características y están integradas por el mismo número de tripulantes no se consideró necesario realizar una normalización del esfuerzo pesquero.

Para determinar si existían variaciones estacionales e interanuales significativas de la CPUE en las zonas de explotación y para toda el área de Baja California Sur, se realizó un análisis de variancia (ANDEVA) de una vía ($\alpha=0.05$), utilizando el paquete comercial Statgraphics (Statsoft, 1995).

Con la información obtenida de captura, esfuerzo y CPUE, se realizó un análisis en el área de Baja California Sur y en las diferentes zonas de explotación del recurso.

Con los datos de temperatura superficial del mar, índices de surgencia y velocidad del viento se obtuvieron valores promedio estacionales, a los cuales se les aplicó un análisis de variancia de una vía para establecer si la diferencia entre estaciones del año era significativa.

A partir de los valores estacionales se calcularon las anomalías tanto para la CPUE como para cada uno de los parámetros ambientales, utilizando la siguiente fórmula:

$$A_{ij} = x_{ij} - \bar{X}$$

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n x_{ij} / n$$

donde:

A = anomalía estacional de la i -ésima observación de la j -ésima estación del año

x_{ij} = i -ésima observación de la j -ésima estación del año

\bar{X} = valor promedio de la j -ésima estación del año

Posteriormente se analizó la variación espacio-temporal de las series de captura por unidad de esfuerzo y la variación temporal de los factores climáticos en las diferentes zonas de explotación y para el área de Baja California Sur. En todos los casos las series fueron suavizadas (utilizando promedios móviles) para eliminar la variabilidad de alta frecuencia.

La relación existente entre las variaciones de la abundancia relativa del recurso y los parámetros ambientales se determinó a través de un análisis de correlación cruzada y de regresión lineal múltiple, utilizando el paquete comercial STATISTICA (Statsoft, 1995). Mediante la técnica de correlación cruzada, los datos de las series que se están correlacionando pueden ser desfasados una serie con respecto a la otra, esto permite considerar un período de retraso entre los cambios ambientales y la respuesta del alga al ser incorporada en los cálculos (Anderson, 1972).

Tomando en cuenta el desfase obtenido en el análisis de correlación cruzada, se realizó el análisis de regresión lineal múltiple, entre la CPUE de *Gelidium* y las variables ambientales.

7. RESULTADOS.

7.1 Cosecha comercial y esfuerzo pesquero ejercido en la pesquería de *Gelidium robustum*.

Durante el período de estudio (1980 a 1994) la explotación comercial de *Gelidium robustum* en Baja California Sur fue continua, obteniéndose un volumen total de 7,872 t (secas), producción de las seis Cooperativas y la empresa privada que realizan la explotación: sin embargo, se observan fluctuaciones tanto en la captura anual como en el esfuerzo pesquero aplicado, el valor de correlación obtenido entre estas dos variables fue de $r= 0.57$ (Tabla 3). En general la tendencia en las capturas y en el esfuerzo pesquero aplicado es a disminuir, la máxima captura se registró en 1980 con 699 t utilizando 287 equipos, mientras que en 1981 y 1982 la cosecha disminuyó en casi un 40%. De 1984 a 1986 los volúmenes cosechados fueron cercanos a los obtenidos en 1980 y nuevamente en 1987 la cosecha volvió a disminuir, recuperándose rápidamente en los tres años siguientes, pero sin alcanzar los volúmenes obtenidos en 1980. Después de 1990 las capturas han disminuido paulatinamente hasta registrar valores mínimos en 1994, con una captura de 306 t utilizando 80 equipos (Fig. 4).

En las diferentes zonas de explotación existieron grandes variaciones en los volúmenes de captura, durante el período de estudio; y a partir de la zona 3 se presentó un gradiente latitudinal, los valores más altos fueron aportados por esta zona, disminuyendo paulatinamente hacia el sur hasta ser casi nulas las cosechas en la zona 6 (Fig. 5). El esfuerzo pesquero presentó variaciones similares a las de la captura; la relación obtenida entre ambas variables fue lineal y significativa ($\alpha=.05$) en las seis zonas de estudio (Tabla 3). Es en la zona 3 donde se ejerció la mayor presión de pesca, disminuyendo considerablemente en la zona 6 (Fig. 6).

ZONA	C (t)	f	CPUE	r ²
1	757	431	1,757	0.98
2	547	152	3,600	0.99
3	4939	1297	3,800	0.52
4	806	473	1,705	0.85
5	684	287	2,383	0.90
6	64	64	1,002	0.88
BCS	7872	2686	2,931	0.57

Tabla 3. Valores de captura (C), esfuerzo (f) y CPUE en el período de 1980- 1994; y coeficiente de correlación (r²) entre la captura y el esfuerzo pesquero en cada una de las zonas de explotación.

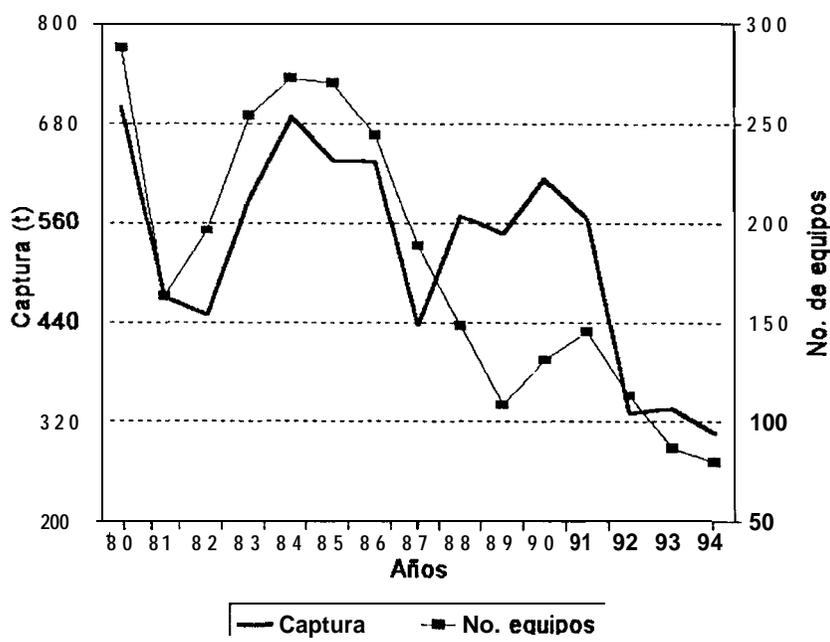


Figura 4. Captura de *Gelidium* y esfuerzo pesquero aplicado en Baja California Sur de 1980 a 1994.

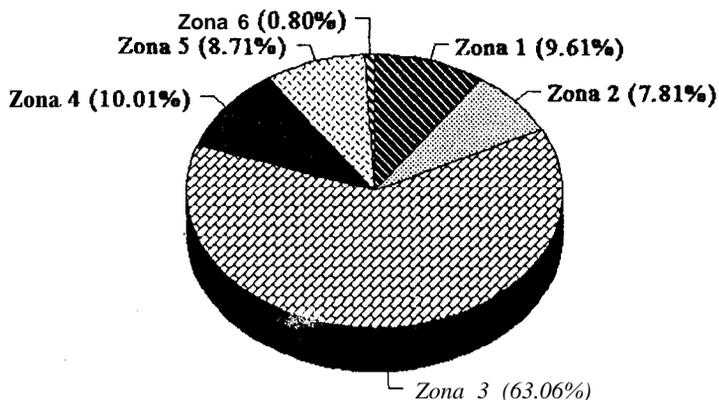


Figura 5. Porcentaje de Captura de *Gelidium* que aporta cada zona de explotación en Baja California Sur.

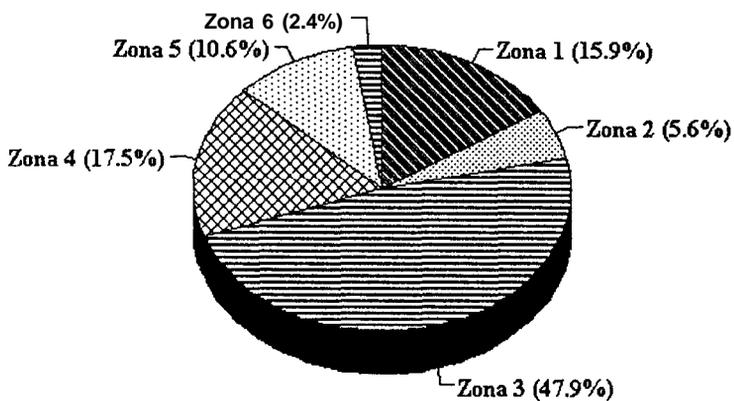


Figura 6. Esfuerzo de pesca (en porcentaje) ejercido en las diferentes zonas de explotación de *Gelidium* en Baja California Sur.

Existieron fluctuaciones en la captura anual, con una tendencia a disminuir en casi todas las zonas durante los últimos años (Fig. 7). En la zona 1, los valores anuales de cosecha de esta alga no sobrepasaron las 160 t. El valor máximo de captura (159 t) se registro en 1985, con la participación de 71 equipos en la cosecha. En los últimos cuatro años el esfuerzo disminuyó y con ello las capturas, registrándose 5 t en 1994 con 9 equipos utilizados (Fig. 7a).

En el área de Chester Rock (Zona 2) sólo existen registros de captura hasta 1988, ya que a partir de esta fecha no se ha explotado el recurso en dicha área. En 1980 se registró un máximo de 180 t y 42 equipos: la producción fue disminuyendo hasta obtener únicamente 5 t, utilizando 4 equipos de pesca en 1988 (Fig. 7b).

La zona 3, que comprende de Punta Eugenia a Bahía Tortugas, fue la que aportó los mayores volúmenes de *Gelidium* cosechado, en promedio se registraron capturas anuales de 329 t, con un mínimo de 135 t con 55 equipos en 1982 y un máximo de 553 t, con 98 equipos en 1990 (Fig. 7c). Esta zona tiene gran importancia para la explotación de *Gelidium*, ya que contribuye con más del 60% de la producción en Baja California Sur (Fig. 5) además de que cabe señalar que es la única zona en que las cosechas no han disminuido marcadamente como en las otras zonas.

En la zona 4, de Puerto Escondido a Punta San Pablo, los volúmenes cosechados apenas sobrepasan las 100 t en los años de mayor captura, aun cuando el esfuerzo de pesca aplicado fue relativamente alto. El mismo comportamiento se presenta en la zona 5, de Punta San Pablo a Bahía Asunción, pero en este caso el esfuerzo aplicado fue menor. En ambas zonas se presenta la misma tendencia de disminución en la captura durante los últimos años (1992 a 1994) (Fig. 7d y 7e).

En la zona 6 la captura promedio anual fue de 46 t (Fig. 7f); y la explotación no fue continua; debido a lo cual, los porcentajes de producción que aporta a Baja California Sur son casi nulos (Fig. 5).

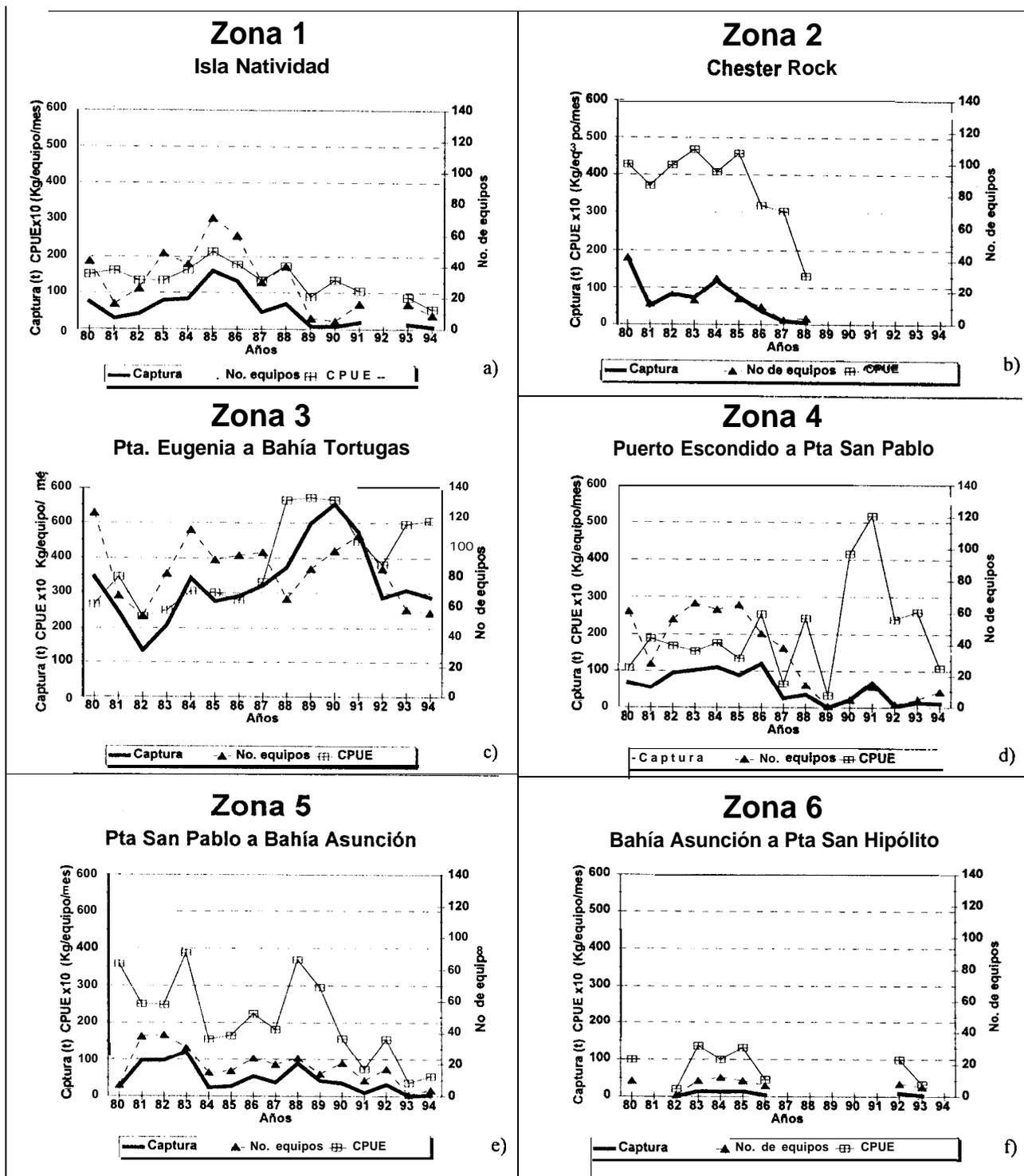


Figura 7. Captura, esfuerzo pesquero aplicado y CPUE de *Gelidium* en las diferentes zonas de explotación.

7.2 Variación estacional de la CPUE.

Los valores de CPUE, presentaron una variación estacional significativa (ANDEVA $\alpha=0.05$) a 10 largo de los años durante el período de 1980 a 1994, el valor mínimo fue de 714 kg/equipo/mes en el invierno de 1993 y el máximo de 8,420 kg/equipo/mes durante el otoño de 1990. En promedio durante el período de estudio; los menores registros se obtuvieron en invierno, con valores promedio de 2,159 kg/equipo/mes, incrementándose hasta obtener su máximo en verano con 3,781 kg/equipo/mes (Fig. 8).

En las diferentes zonas de explotación, también se observó un patrón estacional (Fig. 9), en la zona 1, en invierno se obtuvieron las CPUE promedio más bajas (887 kg/equipo/mes) y en verano las más altas (1,648 kg/equipo/mes), siendo la diferencia estadísticamente significativa (Fig. 9a).

En la zona 2, al igual que en la zona anterior, durante el invierno se obtuvieron las CPUE promedio más bajas (1,327 kg/equipo/mes), y posteriormente se incrementan hasta alcanzar valores de CPUE promedio de 3,661 kg/equipo/mes en el verano, sin embargo esta diferencia no fue estadísticamente significativa (Fig. 9b).

En la zona 3, existieron diferencias significativas, y fue en invierno cuando se presentaron las CPUE promedio más bajas, con valores de 2,671 kg/equipo/mes, mientras que en el verano y otoño se obtuvieron registros promedio de 5,548 y 5,191 kg/equipo/mes respectivamente, (Fig. 9c).

En la zona 4, aunque no existe una diferencia estadísticamente significativa en la CPUE obtenida durante las diferentes estaciones del año, los valores promedio de la CPUE son menores durante el otoño ($\bar{x}= 1,294$ kg/equipo/mes); cabe mencionar que de 1988 a la fecha no se tienen registros de que se haya explotado el lugar durante el invierno, pero de 1980 a 1987 se registro una captura promedio de 1,445 kg/equipo/mes. En primavera y verano los valores de CPUE fueron de 1,918 y 1,966 kg/equipo/mes, respectivamente (Fig. 9d).

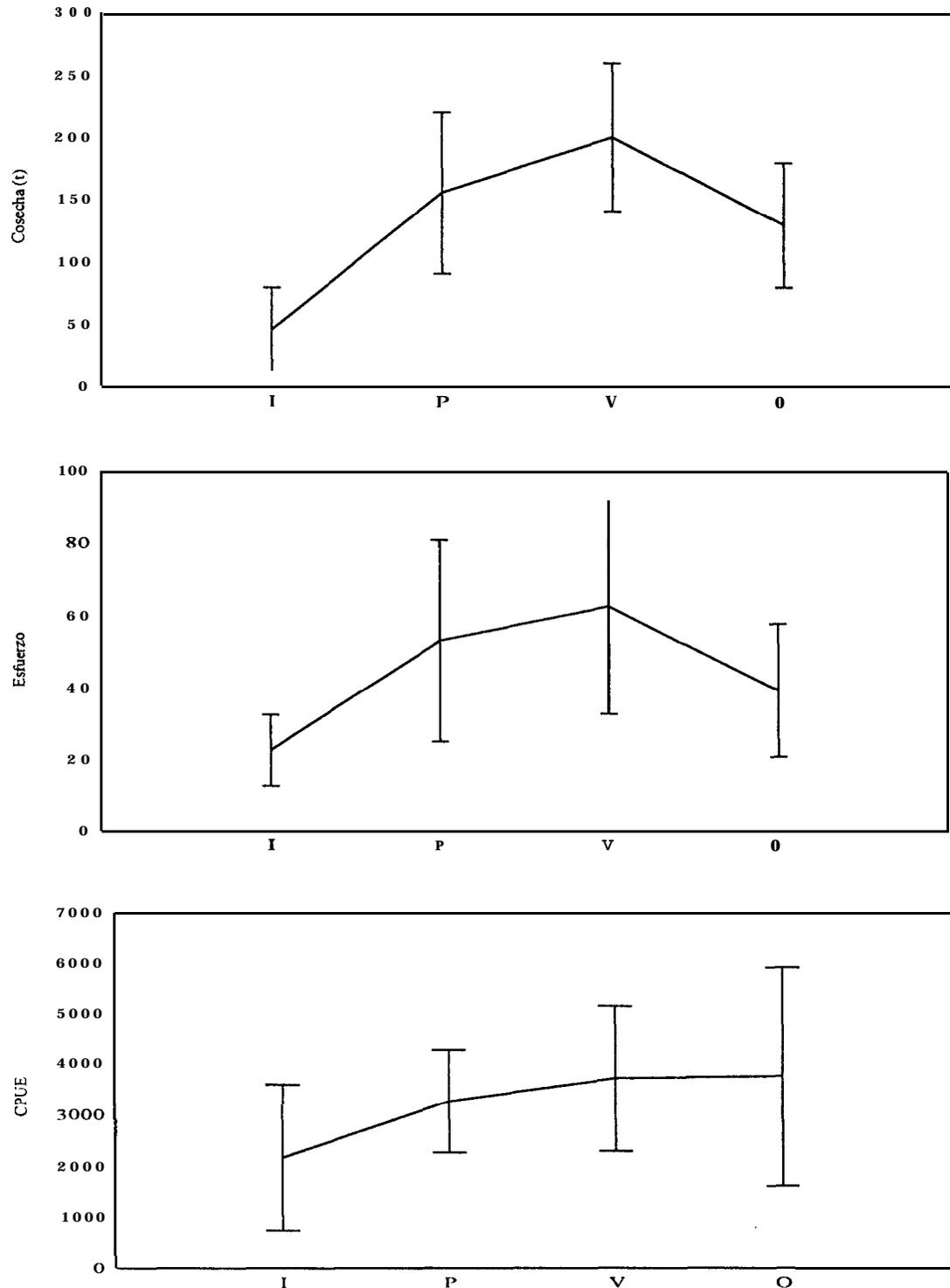


Figura 8. Patrón estacional de la CPUE de *Gelidium* en Baja California Sur. Valores promedio \pm desviación estándar.

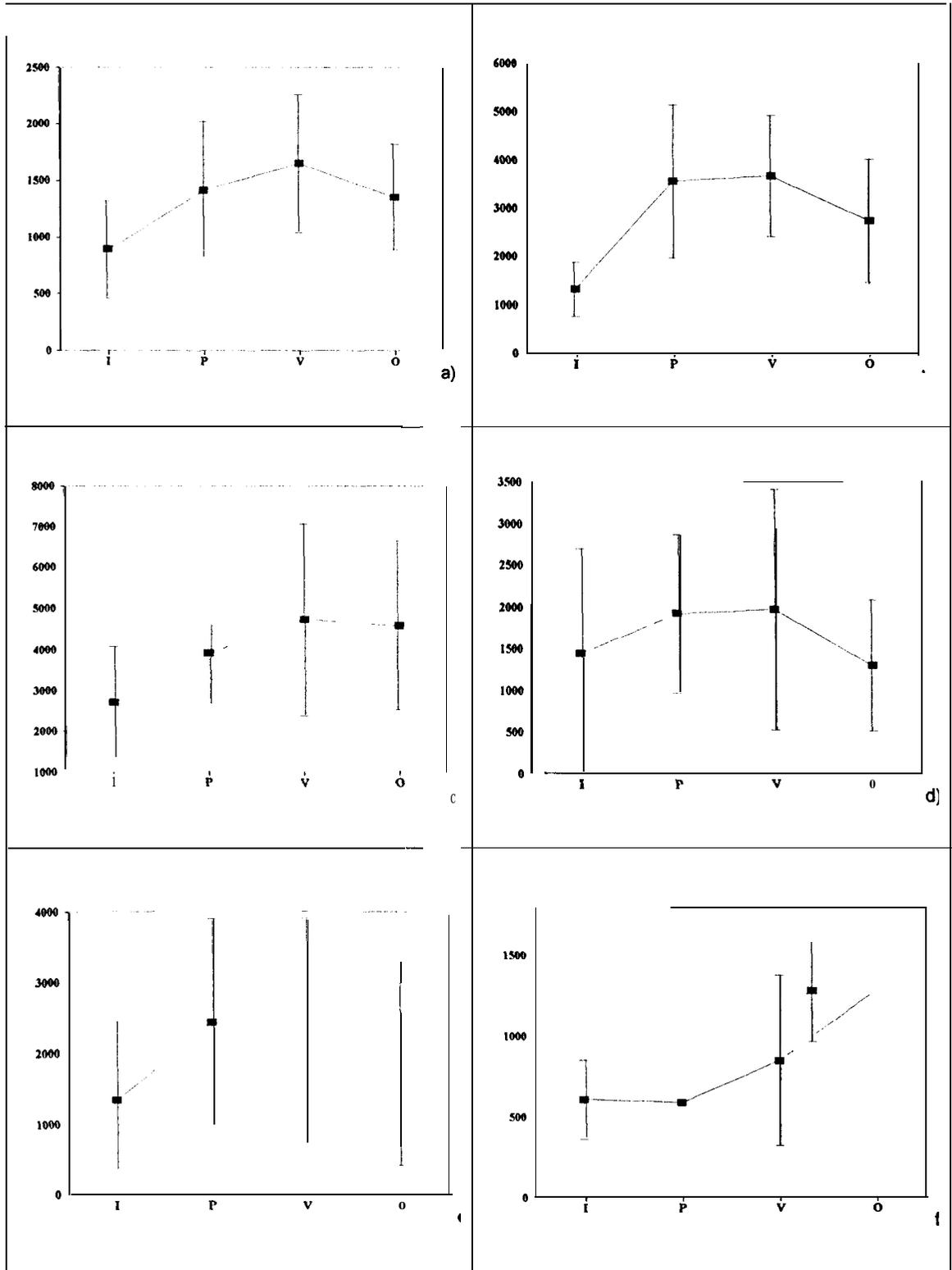


Figura 9. Patrón estacional de la CPUE de *Gelidium* en las diferentes zonas de explotación de Baja California Sur. Valores promedio \pm desviación estandar.

En la zona 5 la cosecha de *Gelidium es* más constante que en la zona anterior y en promedio se tiene una captura de 2,041 kg/equipo/mes; en primavera se obtuvo una CPUE promedio de 2,442 kg/equipo/mes, siendo la más alta y disminuyendo paulatinamente en las siguientes estaciones; con 2,323, 1,856 y 1,378 kg/equipo/mes para verano, otoño e invierno respectivamente; la variación estacional no fue estadísticamente significativa ($\alpha=0.05$) (Fig. 9e).

En la zona 6, el patrón estacional fue diferente al que se presenta en las demás zonas, los valores más bajos se registraron en primavera con 592 kg/equipo/mes y los máximos durante el otoño, con 1281 kg/equipo/mes, no existiendo una diferencia estadísticamente significativa (Fig. 9f). La pesquería de esta *Gelidium* en esta zona es muy ocasional, lo que podría explicar esta diferencia con respecto a las otras zonas.

7.3 Variación interanual de la CPUE.

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de *Gelidium robustum* en Baja California Sur, presentó variaciones interanuales significativas ($\alpha=0.05$) durante el período de estudio, con un valor promedio anual de 3,500 kg/equipo/mes. Básicamente se observa que de 1980 a 1987 las CPUE que se registraron fueron bajas, con un valor promedio de 2,467 kg/equipo/mes y en los últimos años (1988-1994) la CPUE se incrementó, registrándose en promedio un valor de 4,017 kg/equipo/mes, lo cual representa un incremento del 39 % en la CPUE (Fig. 10).

En las diferentes zonas de explotación, las variaciones interanuales también fueron significativas ($\alpha= 0.05$) (Fig. 7). Al igual que con la cosecha, la CPUE de *Gelidium* también presentó una variación latitudinal a partir de la zona 3, los valores más altos se presentaron en esta zona, que comprende de Punta Eugenia a Bahía Tortugas, mientras que en la zona 6, que se localiza en el área más al sur de la distribución, la abundancia relativa de *Gelidium fue* la más baja.

En la zona 1, la CPUE ha oscilado alrededor de 2,000 kg/equipo/mes, sin embargo, en los últimos años ha disminuido y fue menos constante. Los mayores valores de CPUE se obtuvieron durante el período de 1985 a finales de 1987, registrándose un máximo de 2,124 kg/equipo/mes, por otra parte de 1991 a 1994 las CPUE disminuyeron hasta 185 kg/equipo/mes (Fig. 7a).

En la zona 2, región de Chester Rock, la CPUE promedio fue de 3,600 Kg/equipo/mes. Sin embargo, de 1989 a 1994 no se cosechó el recurso en esta área. Las CPUE más altas se obtuvieron de 1983 a 1985 con un valor promedio de 4,089 kg/eq/mes. De 1987 a 1988, las CPUE disminuyeron a 1,200 kg/equipo/mes (Fig. 7b).

La zona de Punta Eugenia a Bahía Tortugas presentó las mayores CPUE, con un valor promedio de 3,800 kg/equipo/mes. En relación a las CPUE de esta zona se observan claramente dos períodos, de finales de 1982 a 1987 las CPUE fueron bajas, con registros mínimos de 1,100 kg/equipo/mes; en el período de 1988 a 1991, se incrementó considerablemente con registros por arriba de los 5000 kg/equipo/mes (Fig. 7c).

En la zona 4 la CPUE promedio que se registra es de 1,705 kg/equipo/mes, los valores de CPUE de esta zona, presentaron los registros mínimos en 1989 con un valor promedio de 324 kg/equipo/mes y los máximos en 1991 con un valor promedio de 5,166 kg/equipo/mes (Fig. 7d).

Las CPUE de la zona 5 presentaron grandes variaciones durante el período de estudio. En 1983 se obtuvieron CPUE cercanas a los 4,000 kg/equipo/mes, disminuyendo en los cuatro años siguientes a valores alrededor de los 2,000 kg/equipo/mes, en 1989 los valores de CPUE nuevamente se incrementaron, disminuyendo paulatinamente hasta que en 1993-94, se registraron CPUE por abajo de los 1,000 kg/equipo/mes (Fig. 7e).

En la zona 6, las CPUE fluctuaron alrededor de 1,000 kg/equipo/mes, con muy pocos registros durante los años de estudio (Fig. 7f).

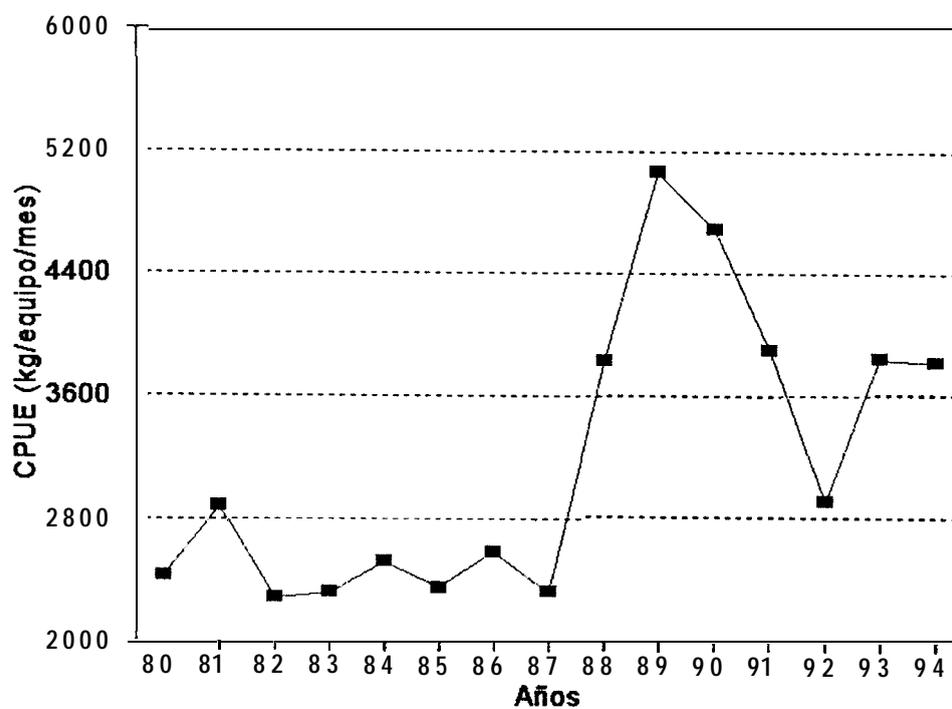


Figura 10. Variación interanual de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de *Gelidium* registrada en Baja California Sur de 1980 a 1994.

7.4 Variación estacional de las variables ambientales

Las variables ambientales presentaron una clara variación estacional, la cual fue estadísticamente significativa (ANDEVA $\alpha=0.05$). En el caso de la temperatura superficial del mar (TSM), el valor promedio más bajo se registró en invierno ($17.6\text{ }^{\circ}\text{C}$) y durante el verano se obtuvo el valor máximo, con una temperatura promedio de $21.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Fig. 1 la).

Tanto las surgencias (IS) como la velocidad del viento (VV) presentaron una evidente estacionalidad con el mismo patrón, los valores promedio más altos se presentaron en primavera (IS= $160.84\text{ m}^3/\text{s}$ y VV= 7.07 m/s), disminuyeron en el verano y en otoño registraron los valores promedio más bajos (IS= $64.08\text{ m}^3/\text{s}$, VV= 5.94 m/s) (Fig. 1 lb y c).

7.5 Variación interanual de las variables ambientales

La temperatura superficial del mar (TSM) durante el período de 1980 a 1990 en el área de estudio osciló entre los $17.65 - 21.74^{\circ}\text{C}$, la variación interanual fue significativa, registrando un período cálido, en 1982-85, con anomalías de 2 a 4°C por arriba del promedio, en tanto que de 1986 a 1990 las condiciones fueron frías, con anomalías negativas de 1°C (Fig. 12a).

Con respecto a los índices de surgencia, se presentaron oscilaciones a lo largo del período de estudio, los valores promedio anual más bajos se registraron de 1981 a 1986, con surgencias promedio de $70\text{ m}^3/\text{s}$, los más altos se obtuvieron durante el período de 1987-88, con surgencias de $130\text{ m}^3/\text{s}$ (Fig. 12b).

La velocidad del viento registró su valor promedio mínimo en 1982, con un valor de 3.2 m/s y el máximo se presentó en 1987, con una velocidad del viento de 7.2 m/s (Fig. 12c).

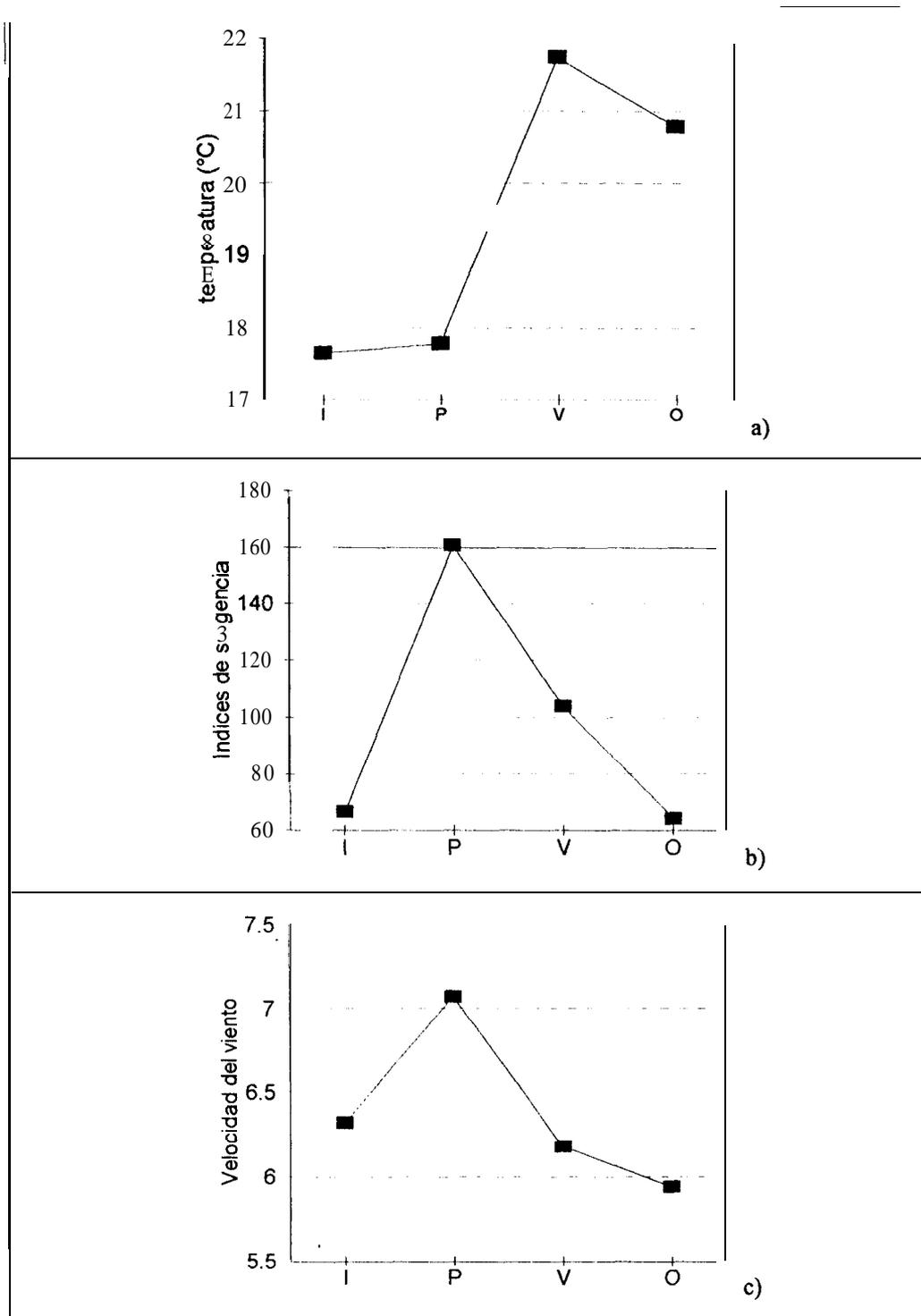


Figura 11. Variación estacional de los parámetros ambientales en el área de Punta Eugenia a Punta San Hipólito, Baja California Sur.

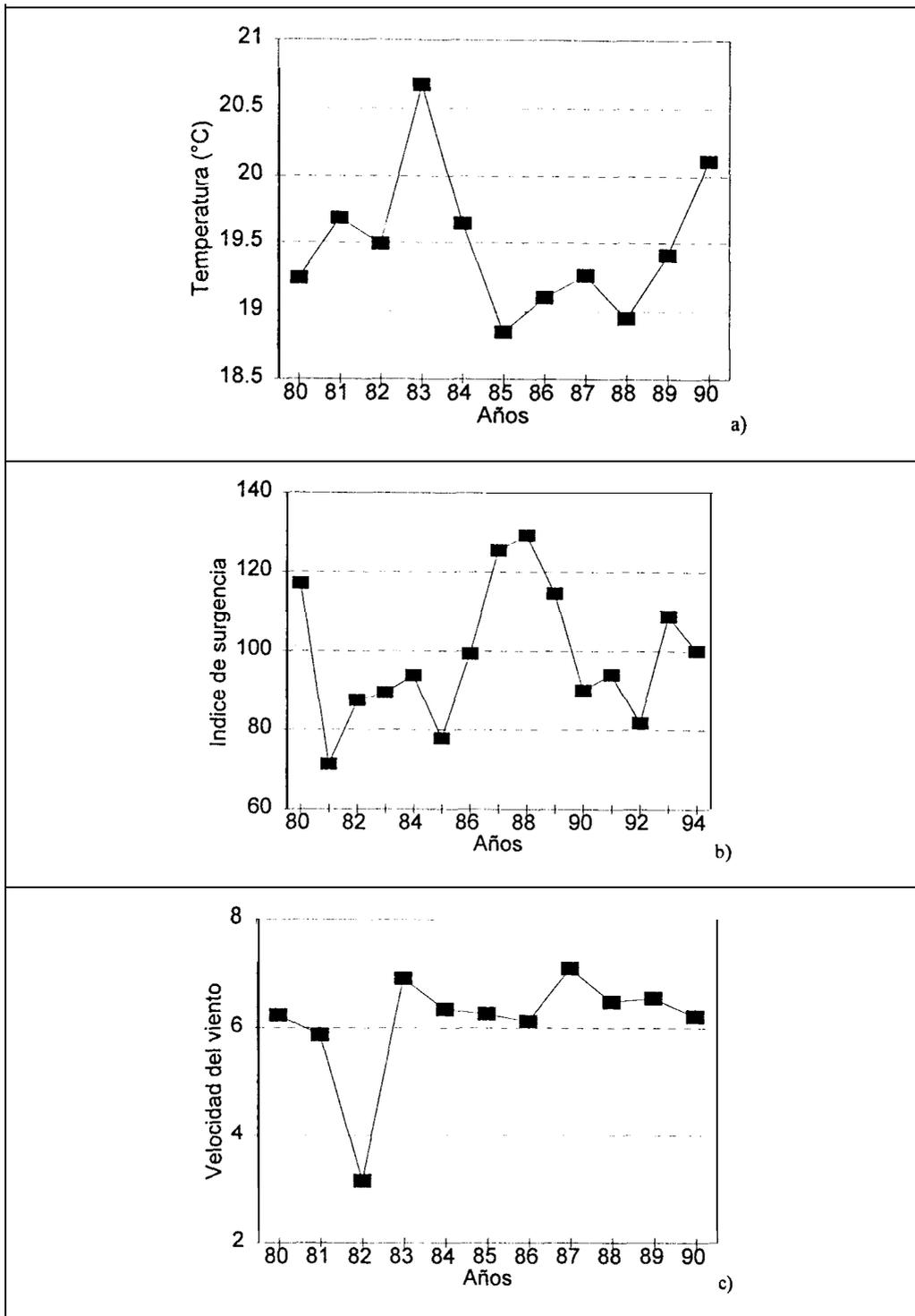


Figura 12. Variación interanual de los parámetros ambientales en el área de Punta Eugenia a Punta San Hipólito, Baja California Sur (Valores promedio del período de 1980- 1994).

7.6 Variación interanual de la abundancia relativa (CPUE) de *Gelidium robustum* y su relación con las variables ambientales

Al comparar la variabilidad interanual entre la abundancia relativa de *Gelidium* en Baja California Sur y la TSM se observan tres períodos: el primero comprende de 1980 a 1981, en el que la relación entre ambas variables fue directa; el segundo período, de 1982 a 1989, la relación entre las dos series fue inversa, es decir, que el mínimo de CPUE (1983) coincidió con el máximo de temperatura, mientras que el máximo de CPUE (1989) se presentó con anomalías negativas de la temperatura. En el tercer período (1990), tanto la CPUE como la temperatura presentaron tendencias similares (Fig. 13a). El coeficiente de correlación entre las series fue de -0.08, no significativa al 0.05; sin embargo, al desfasar las series 7 trimestres el coeficiente se incrementó a -0.42, significativo al 0.05 (Tabla 4).

En cuanto a la relación que existe entre la variación anual de la abundancia relativa y el índice de surgencias, se encontró que el coeficiente de correlación entre ambas variables fue de $r = 0.72$ (Tabla 2) significativo al 0.05, con un desfase de seis estaciones; es decir, que seis estaciones después de obtener los valores máximos de surgencia se tienen altas CPUE. Es importante mencionar que con desfase de un trimestre la correlación entre ambas variables fue significativa, pero más baja ($r = 0.31$). De 1980 a 1987 la relación entre ambas variables no es muy evidente, mientras que de 1990 a 1994 esta relación es muy notable (Fig. 13b).

La relación entre la abundancia relativa y la velocidad del viento fue directa y significativa con un desfase de 7 trimestres ($r = 0.62$, 0.05) (Tabla 4). Durante el período de estudio existieron dos temporadas de velocidades del viento por arriba del promedio, en 1983-85 y de 1987 a 1990 (Fig. 13c).

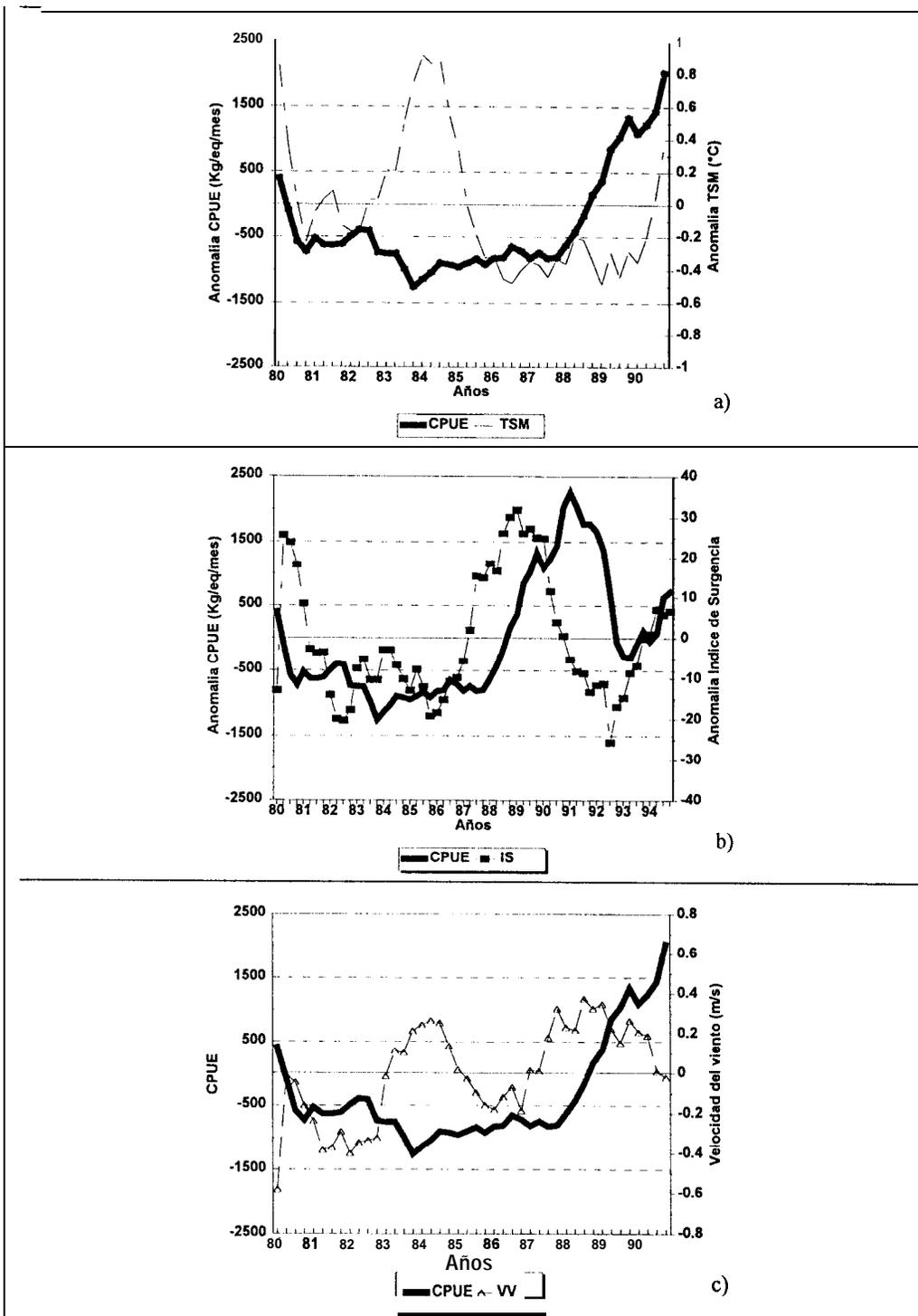


Figura 13. Anomalías de la CPUE de *Gelidium* y de la Temperatura superficial del mar (a), índice de surgencia (b) y velocidad del viento (c) en Baja California Sur.

	TSM	Is	VV
CPUE	-0.08 (0) *-0.40 (6) *-0.42 (7)	* 0.31 (1) * 0.69 (5) * 0.72 (6)	* 0.62 (7-8)
TSM		* 0.50 (7)	* -0.42 (7)
IS			* 0.72 (1)

*Significativo al 0.05.

Tabla 4. Valores de las correlaciones cruzadas entre la CPUE de *Gelidium* y los factores ambientales en Baja California Sur, con su respectivo período de retraso (estaciones).

Como se pudo observar existe una clara relación entre los factores ambientales y la CPUE de *Gelidium* pero con un periodo de desfase, lo cual indica que las condiciones oceanográficas prevalecientes 18 a 21 meses antes, afectan los valores de abundancia relativa de *G. robustum*. Tomando en consideración este desfase se observó el efecto combinado que tienen las anomalías de los índices de surgencia y las anomalías de la temperatura superficial del mar sobre la CPUE de *Gelidium* (Fig. 14), en donde los mayores valores de abundancia relativa (5,000 kg/equipo/mes por arriba del promedio) se obtuvieron cuando las surgencias oscilaron de valores promedio (98.6 m³/s) a valores de 20 m³/s por arriba del promedio, mientras que la temperatura debe registrar anomalías negativas, es decir valores de 1 a 1.5°C por debajo del promedio. Por otra parte, las CPUE más bajas se obtuvieron cuando las surgencias presentaron anomalías negativas (20 a 40 m³/s por debajo del promedio) y la temperatura registró anomalías positivas (1 a 1.5 °C por arriba del promedio).

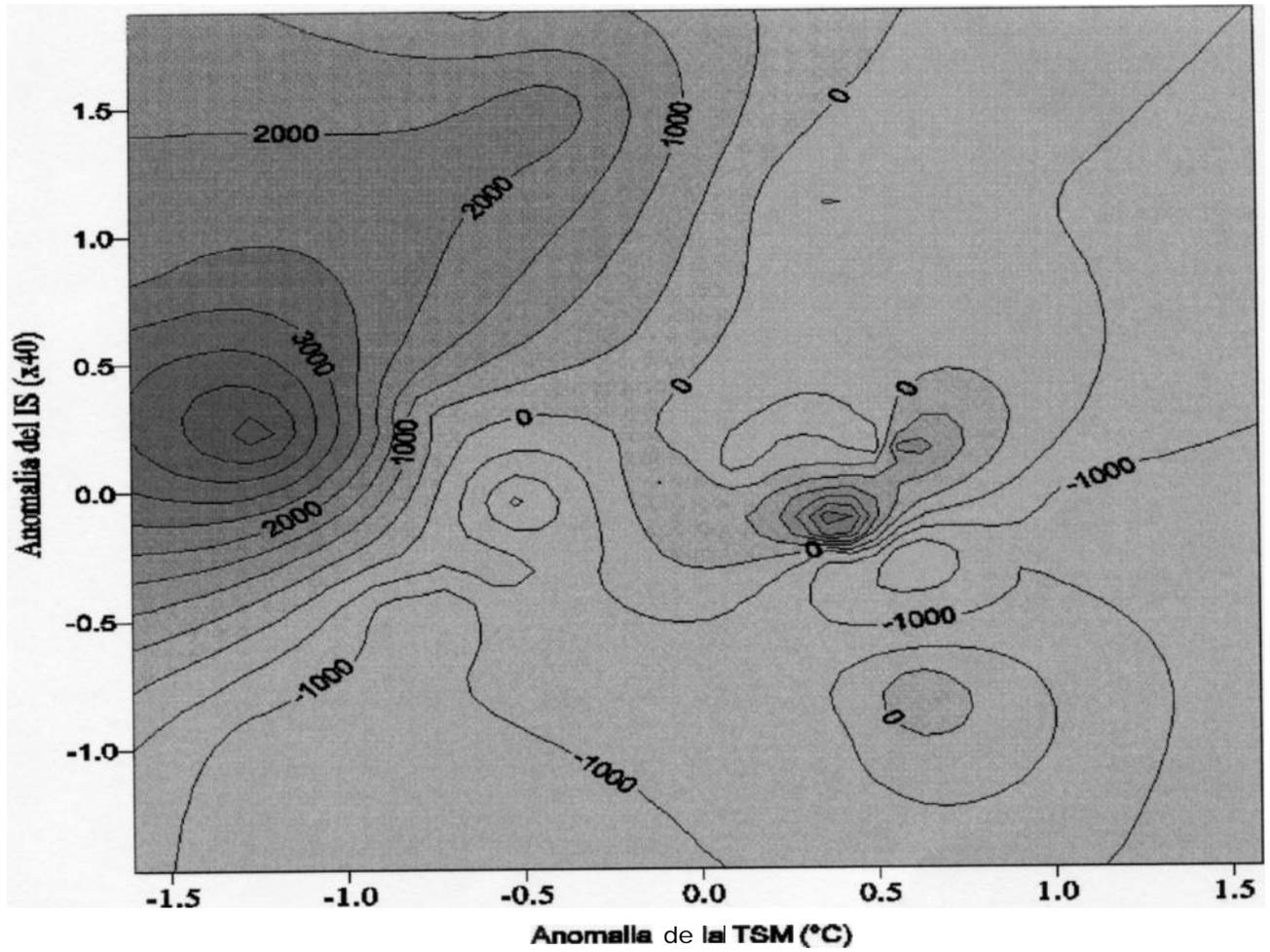


Figura 14. Variación de la CPUE de *Gelidium* bajo diferentes temperaturas e intensidades de surgencia en Baja California Sur.

Utilizando los desfases obtenidos en la correlación entre la CPUE y las variables ambientales, se realizó el análisis de regresión múltiple (Tabla 5), donde el valor más alto de correlación se obtuvo con las surgencias (0.44), lo que indica que son las surgencias las que ejercen el mayor efecto sobre la variación de la CPUE de *Gelidium*.

r múltiple	0.63
r ² múltiple	0.40
IS	$\beta = 0.44^*$
TSM	$\beta = -0.26^*$
VV	$\beta = 0.34^*$

* significativo al 0.05

Tabla 5. Resultados del análisis de regresión múltiple.

Tomando en consideración que la zona 3 presentó los mayores volúmenes de captura y de CPUE durante el período de 1980 a 1994, aportando el 65 % de la producción, el análisis de la variación interanual de la CPUE y su relación con las fluctuaciones de temperatura, índices de surgencia y viento, se realizó sólo para esta zona. En el resto de las zonas no se llevo a cabo este análisis en virtud de que la alta variabilidad que se presenta en sus operaciones de pesca, y por lo tanto la falta de registros continuos puede sesgar el resultado de la relación existente entre la abundancia relativa del recurso y las variables ambientales.

La relación que existe entre la variación interanual de la CPUE en la zona 3 y la temperatura superficial del mar (TSM) durante el período de 1980 a 1990 fue inversa, por lo que en años cálidos (82-84) las CPUE disminuyeron notoriamente por debajo del promedio, mientras que durante años fríos, la CPUE aumento; esto se refleja en el valor de correlación obtenido $r=-0.5$ significativo al 0.05, con un desfase de siete estaciones (Fig. 15a).

La relación existente entre la variación interanual de la CPUE y el índice de surgencias, (Fig. 15b), fue significativa y directa, lo que indica que al aumentar las surgencias, la CPUE será mayor, pero con un desfase de cuatro trimestres ($r= 0.75$, $p=0.05$), lo cual se puede apreciar claramente durante el período de 1987 a 1993.

La relación entre la CPUE y la velocidad fue directa y significativa ($r=0.65$, $p=0.05$), con un desfase de siete trimestres (Fig. 15c).

El comportamiento de la zona 3 es muy similar al que se presenta para toda el área de Baja California Sur y resulta importante resaltar que en cuanto a la relación entre la CPUE y el índice de surgencia, el período de desfase fue menor que el obtenido para toda el área de estudio.

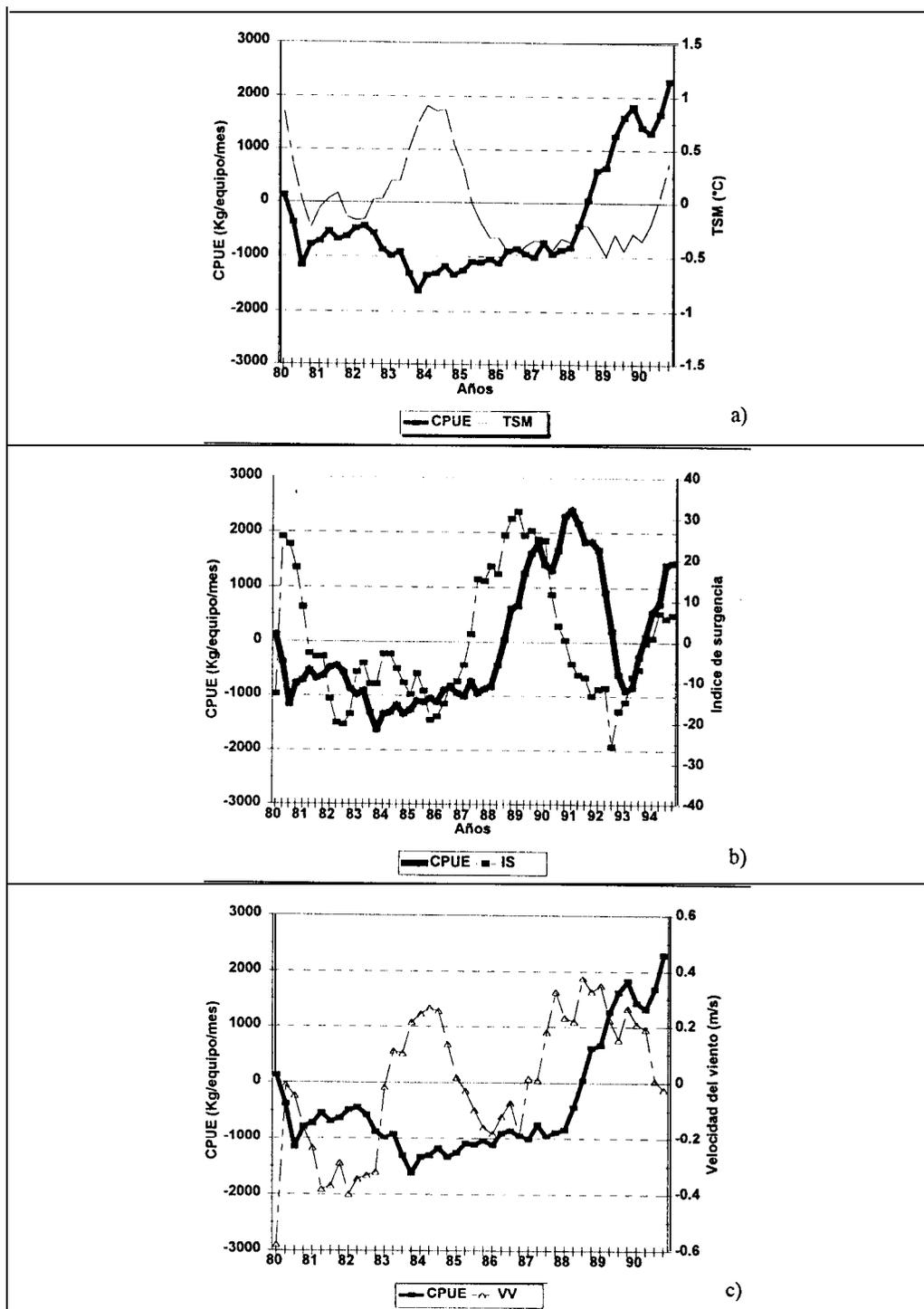


Figura 15. Anomalías de la CPUE de *Gelidium* y de la TSM (a), índices de surgencia (b) y velocidad del viento (c) en la zona 3.

8 DISCUSIÓN

La cosecha de *Gelidium robustum* en Baja California Sur, presentó fluctuaciones a lo largo del período de 1980- 1994, con una tendencia ha disminuir en los últimos años. Los valores mas bajos en la captura se dieron en 1982, 1987 y 1992, lo cual coincidió con una disminución en su precio, que de tener un valor promedio de 1332 dl/t disminuyó a 1143 dl/t en 1987 y 9 17 dl/t en 1992. Actualmente el costo del *Gelidium* varia de 40 1 a 736 dl/t dependiendo de la calidad del mismo (com. per. Ramade, 1996 ¹); lo que puede explicar la disminución de las capturas durante los últimos años. Estos resultados coinciden con observaciones realizadas por Vásquez y Westermeier (1993), de que existe una estrecha relación entre el precio internacional del producto y la presión de pesca que se ejerce sobre los recursos algales sujetos a explotación, así cuando el precio disminuye, la presión de cosecha es menor, realizándose de preferencia en las épocas de gran abundancia del recurso; por el contrario, cuando el precio se incrementa, los mantos de algas son sometidos a explotación constante.

Por otra parte, la pesquería de *Gelidium* es una pesquería alternativa, es decir la cosecha de esta alga es combinada en ciertos meses del año con la explotación del abulón (*Haliotis* spp) y la langosta (*Palinurus interruptus*) (Guzmán del Proó *et al.*, 1986; Molina, 1986; Casas y Fajardo, 1990). El hecho de relevar la extracción de los diferentes recursos del área, reduce la presión de pesca sobre el alga; dentro de este contexto se observó que en 1983 y 1984 la pesquería de abulón y langosta registraron una disminución gradual en sus capturas (León y Muciño, 1996; Vega *et al.*, 1996) en tanto que durante estos años se presentaron altos volúmenes de cosecha de *Gelidium* (639 t anuales en promedio). Lo contrario se observó a lo largo del período de 1985 a 1992, cuando las capturas de abulón y langosta se intensificaron paulatinamente (León y Muciño, 1996; Vega *et al.*, 1996) mientras que las cosechas de *Gelidium* descendieron a 330 t en 1992.

¹Mario Ramade-Villanueva, Federación Regional de Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera

Los cambios registrados en el volumen cosechado de *Gelidium robustum* en el área de estudio pueden obedecer a diferentes factores, de los cuales se pueden mencionar; 1) el esfuerzo de pesca aplicado sobre el recurso, 2) factores económicos que influyen en los niveles del esfuerzo pesquero, 3) factores sociales, como son la estrategia del pescador de explotar este u otro recurso en función de la disponibilidad o valor comercial y 4) factores ambientales que afectan el crecimiento de la especie.

El comportamiento de las capturas en las diferentes zonas de explotación de *Gelidium*, presentó una tendencia similar con respecto a toda el área de Baja California Sur; pero con diferencias significativas en los volúmenes de producción aportados por cada zona. La zona 3, que comprende de Punta Eugenia a Bahía Tortugas contribuyó con los más altos porcentajes de captura, lo cual representa un 63% de la captura total en Baja California Sur. Estos altos porcentajes ya habían sido señalados durante el período de 1968 a 1986 por Casas y Fajardo (1990). El hecho de que la mayor explotación se efectúe en esta zona puede deberse, a que en ella existe una gran cantidad de *Gelidium* de primera calidad, lo que estimula que la presión de cosecha sea mayor que en las otras zonas (Aguilar y Aguilar 1990); con base en lo anterior se puede decir que esta zona soporta en buena medida la pesquería en Baja California Sur.

Las zonas 1, 2, 4 y 5 mostraron valores similares de captura, aportando en promedio de un 7.8 % a un 10% cada una, los bajos volúmenes de producción en estas zonas, no necesariamente son un indicador de la poca abundancia del recurso, sino que se puede considerar como un reflejo del bajo esfuerzo pesquero aplicado, el cual exhibió variaciones similares a las de la captura, es decir, a mayor esfuerzo de pesca mayor volumen de *Gelidium* cosechado; lo que dio como resultado valores de correlación altos entre ambas variables en la mayoría de las zonas, condiciones similares han sido observadas en mantos de *G. sesquipedale* sujetos a cosecha comercial en Portugal donde las bajas producciones de algunas zonas son al parecer un reflejo del bajo esfuerzo

pesquero, más que de la misma abundancia del recurso en estas zonas (Santos y Duarte, 1991). Conforme se avanza hacia el sur, la captura disminuye hasta ser casi nula, como sucede en la zona 6, que sólo aportó un 0.8% de la captura total durante el período de estudio, con una explotación poco estable.

Al igual que la captura, la CPUE también mostró variaciones significativas en las diferentes zonas de explotación, con una marcada diferencia latitudinal a partir de la zona 3, los registros más altos corresponden a la zona de Punta Eugenia a Bahía Tortugas, con valores promedio de 3 800 kg/equipo/mes, disminuyendo paulatinamente, conforme se avanza hacia el sur. Esto coincide con los resultados obtenidos por Salgado y Uribe (1991 b), de que la parte central de la península es la que tiene valores altos de biomasa disponible. En cambio la zona 6 mostró los menores registros de CPUE, con un promedio de 1659 kg/equipo/mes, esto se puede explicar por su ubicación cerca del límite sur de la distribución del recurso, ya que la abundancia de las especies disminuye al acercarse a sus límites de distribución (Margalef, 1977).

En las zonas templadas, la influencia del medio físico en el crecimiento de especies conduce a una marcada estacionalidad, tanto en especies anuales como perennes (Juanes y Fernández, 1988); tal es el caso de *Gelidium robustum*, que presentó un claro patrón estacional de la CPUE o abundancia relativa en las distintas zonas de explotación, con los máximos en verano y mínimos en el invierno, esto coincide con observaciones realizadas con *Gelidium latifolium*, donde se ha observado que los valores de biomasa más altos se presentan durante el verano y los mínimos en invierno (Anadón y Fernández, 1986). Este comportamiento estacional de la CPUE de *G. robustum* puede deberse a que la densidad o abundancia de las frondas de las algas de esta especie varían con la época del año; se ha observado que es durante el verano cuando la ramificación es más densa (Guzmán del Proó *et al.*, 1972; Barilotti y Silverthorne, 1972), durante la primavera, la tasa de crecimiento presenta valores de 0.54 mm/día, alcanzando sus valores máximos en

verano (0.63 mm/día), mientras que en invierno, la tasa de crecimiento desciende a 0.3 1 mm/día, y los ejes primarios y secundarios del alga presentan una considerable defoliación provocada por las marejadas (Guzmán del Proó et al. 1986). Otra causa que puede explicar el porque se obtienen los mayores valores de CPUE en verano, es la disminución de la velocidad del viento durante esta temporada, propiciando condiciones oceanográficas óptimas para el buceo, esto favorece que se de una mayor intensidad de pesca en lo que dura la época de mar calmo y por lo tanto una CPUE mayor. Y es a lo largo del verano cuando se explota principalmente *Gelidium* en el área, ya que la temporada de abulón ha finalizado y aún no comienza la de langosta. Por lo anterior, se puede decir que verano y otoño son la mejor época del año para realizar la explotación de *Gelidium robustum* debido a que probablemente la regeneración de los mantos sea más rápida y los pescadores obtienen un mayor rendimiento del recurso. Otros estudios realizados con algas de importancia comercial, coinciden con estas observaciones, ya que en el caso de *Gelidium pristoides* en las costas de Sudáfrica, la recuperación de los mantos es más acelerada cuando la colecta se efectúa en el verano (Carter y Anderson, 1985). En el caso de Portugal, donde existe una regulación de la recolección de algas, la época de cosecha es durante la segunda mitad del año, y en Japón es de abril a octubre, después de que la mayor tasa de crecimiento ha ocurrido, permitiendo la recuperación de los mantos (Michanek, 1975; Okasaki, 1971 citado en Santelices, 1988).

En las zonas 1, 2, 3 y 4 se presentó el mismo patrón estacional de la CPUE que para toda el área de estudio, sin embargo en la zonas 5 y 6 cambia la tendencia, presentándose los valores más altos en la primavera para la zona 5 y en otoño para la zona 6, por lo que probablemente exista una diferencia latitudinal de la variación estacional de la CPUE, esto ha sido observado para *M. pyrifera*, que presenta diferencias estacionales en la tasa de elongación en diferentes latitudes, posiblemente por diferencias oceanográficas de la zona (González et al., 199 1; Hernández, 1996).

Las variables ambientales registradas en la región durante la época de estudio mostraron una evidente variación estacional, la temperatura superficial del mar registró sus valores máximos durante verano y los mínimos en invierno, mientras que los índices de surgencia y la velocidad del viento registraron sus máximos en primavera y valores mínimos en el otoño. Estas variaciones estacionales coinciden de manera general con lo indicado por Sverdrup et al. (1942) y Cervantes y Hernández (1989) para la parte central de la península de Baja California, en correspondencia a las características de la masa ecuatorial de la corriente de California que se ubica dentro de esta zona (De la Lanza, 1991).

Aun cuando la temperatura presentó diferencias significativas a lo largo de las estaciones del año, la variación entre el valor mínimo promedio (17.6 °C) y el máximo promedio (21.7°) fue sólo de 4°C. Este intervalo de temperatura queda incluido dentro de los valores considerados como óptimos para *Gelidium* que es un género de zonas templadas (Salinas y Valdés, 1993). En otras especies del género *Gelidium*, se ha observado que la rápida recuperación de los mantos después de la cosecha se debe a que los cambios estacionales en la temperatura superficial del mar oscilan entre los 14° y 22°C (Heineken y Grindley, 1982 citado en Carter y Anderson, 1985).

Existe una estrecha relación entre la velocidad del viento y la intensidad de las surgencias. Ya que en primavera se incrementa la velocidad del viento, principalmente del norte, que alcanza su máxima extensión hacia el sur (Lynn y Simpson, 1987), la contracorriente norecuatorial desaparece y se desarrollan intensas surgencias en el área. Aguas ricas en nutrientes afloran en la superficie, con el consecuente beneficio para el crecimiento de las algas.

La CPUE o abundancia relativa de *Gelidium* en Baja California Sur presentó amplias variaciones interanuales, lo que nos sugiere que la población de *Gelidium* presenta una gran dinámica, siendo capaz de fluctuar significativamente de un período de tiempo a

otro; los bajos registros de CPUE de 1982 a 1987, pudieron deberse a las condiciones ambientales desfavorables que se presentaron durante ese período, por otra parte el aumento de la CPUE en los años siguientes, aunado a una disminución del esfuerzo pesquero aplicado, nos sugiere que no existen indicios de una sobreexplotación del recurso en el área de estudio. Un comportamiento similar se observó en las diferentes zonas de explotación, por lo que se puede decir que la pesquería de *Gelidium* está fluctuando de una fase de crecimiento a una fase de explotación, lo cual se puede explicar debido al hecho de que es una pesquería alternativa y al efecto de las fluctuaciones ambientales en la zona.

Los valores de correlación entre las variaciones interanuales de la CPUE de *G. robustum* y las fluctuaciones de los parámetros ambientales indicaron que existe una estrecha relación entre ambas variables; en el caso de algunas especies de abulón se ha observado el mismo efecto, dentro de una zona de transición (Vega y Lluch-Cota, 1991). Caso contrario ocurre en Sudáfrica donde se observó que al relacionar la abundancia de *Gelidium pristoides*, con cambios en la temperatura del mar, radiación y régimen de marea durante un año, la correlación sólo fue significativa con el cambio de marea, mientras no así con la temperatura (McQuaid, 1985), esto tal vez puede deberse a que sea necesario tomar series de tiempo mayores para poder apreciar una variación significativa.

La relación entre la CPUE de *Gelidium robustum* y la variación interanual de la temperatura en Baja California Sur fue inversa, con una correlación significativa ($\alpha=0.05$), por lo que de manera general se puede decir, que durante años fríos las CPUE aumentan, mientras que en años cálidos disminuyen. De los eventos de calentamiento intenso, uno de los más importantes es el fenómeno de “El Niño”, que afecta las costas del Océano Pacífico, donde se presentan cambios en la estructura vertical de la columna de agua, la nutriclina se hace más profunda, dificultando el aporte de nutrientes a zonas someras (Barber *et al.*, 1985), reduciendo grandemente las surgencias costeras (Fiedler,

1984); estas alteraciones pueden ser intensas, afectando de manera importante la disponibilidad y abundancia de los recursos (Lluch-Belda et al., 1992).

“El Niño” de 1982-84, cuya magnitud fue lo suficientemente vigorosa para haber perturbado notablemente a las aguas costeras de California y Baja California (De la Lanza, 1991), se manifestó en el área de estudio con anomalías positivas de 2 a 3°C, lo que coincidió con una disminución de la abundancia relativa de *Gelidium*, aunque esta no fue demasiado drástica, como en el caso de *Macrocystis pyrifera* en que prácticamente desaparecieron los mantos en esta región (Hernández-Carmona, 1987). Los pescadores comentan que durante este período las algas de *Gelidium* “estaban quemadas”, lo cual puede explicarse debido a que valores superiores a los 25°C originan procesos de senescencia en las Gelidiales (Salinas, 1991), además se puede ver afectada la tasa de crecimiento, disminuyendo ampliamente debido a efectos de blanqueamiento o necrosis (Oliger y Santelices, 1981).

La relación entre la variación interanual de la CPUE de *Gelidium* y los índices de surgencia fue directa, y los resultados obtenidos, indican que año y medio a dos años después de un período de surgencias por arriba del promedio, se pueden presentar valores altos de abundancia. Este período tan largo se puede explicar bajo la hipótesis de que las surgencias inciden sobre el reclutamiento de la especie, ya que aún cuando las plantas liberan esporas todo el año, aquellas que fueron liberadas durante la primavera y a inicios del verano (en el momento que las surgencias son intensas y por consiguiente hay gran cantidad de nutrientes en el medio ambiente) pueden tener más éxito en producir talos juveniles en nuevos substratos (Santelices, 1974; Correa y Santelices, 1985). De acuerdo a los valores de la tasa de crecimiento de *Gelidium*, los talos juveniles alcanzarían la talla comercial después de dos años; lo que coincide con el desfase encontrado. Un comportamiento similar se presentó con *Macrocystis pyrifera*, donde aparentemente después de las condiciones anómalas de 1982-84, los efectos en la estructura de la

población, persistió en las primeras cohortes, casi dos años después de la perturbación (Tegner et al., 1996). Sin embargo, es importante mencionar que con desfases de un trimestre, la correlación entre la CPUE de *Gelidium* y las surgencias también fue significativa, pero más baja ($r = 0.31$) lo que ha sido observado en otras poblaciones de *Gelidium* sujetas a aprovechamiento, ya que tres meses después de la cosecha, los mantos se recuperan debido al crecimiento vegetativo de las frondas; pero cabe aclarar que la estructura de la población referida a su composición en tallas, no se recupera, sino hasta un año o dos después (Santos y Duarte, 1991; Borja, 1994).

El coeficiente de correlación entre la variabilidad interanual de la CPUE y la velocidad del viento también fue alto ($r=0.62$), esto puede explicarse por una parte por la relación prevaleciente entre la velocidad del viento y la intensidad de la surgencia, mientras que por otra parte los vientos incrementan la velocidad de corriente, lo cual origina un aumento en el flujo laminar del agua que pasa a través de las plantas, transformándose en flujo turbulento, lo que permite una mayor difusión y por consiguiente una mayor absorción de nutrimentos y gases disueltos (Anderson y Charters, 1982). El movimiento del agua produce efectos sobre la fotosíntesis y respiración de las plantas, dando lugar a metabolismos más acelerados y por lo tanto a un mayor crecimiento (Westlake, 1967 citado en Pacheco, 1990). En *Gelidium robustum* se aprecia *in situ* que el movimiento del agua ejerce un resultado positivo sobre su crecimiento, ya que su biomasa es mayor al encontrarse expuesta a la acción de las corrientes (Pacheco, 1990). Resulta importante aclarar que si bien el movimiento del agua originado por la velocidad del viento favorece, como se mencionó antes, un mayor crecimiento de *Gelidium*, también puede ser causa de desprendimiento de ejes de la población y por tanto destrucción de los mantos, cuando se presenta de manera intensa (Johnstone y Feeney, 1944).

Según los valores obtenidos en el análisis de regresión múltiple, las surgencias son la variable ambiental que ejerce el efecto más marcado sobre la abundancia relativa de *Gelidium*. Este comportamiento ha sido descrito en otras especies de macroalgas, como en *Macrocystis pyrifera*, donde se ha observado que el lento crecimiento de juveniles y adultos durante “El Niño” parece tener una mayor relación con la falta de nutrientes, que con el incremento de la temperatura (Dean y Jacobsen, 1986); ya que plantas juveniles que crecen bajo condiciones de alta intensidad luminosa y temperatura, pueden presentar una óptima tasa de crecimiento siempre y cuando, el medio ambiente este bien fertilizado con nitrógeno y fósforo (North y Zimmerman, 1984). En Japón también se ha observado que los nutrientes juegan un papel importante en los mantos de *Gelidium amansii* sujetos a comercialización, ya que para lograr la recuperación de mantos afectados por blanqueamiento por efecto de altas temperaturas, era necesario realizar una fertilización artificial (Yamada, 1976 citado en Santelices, 1988).

Por otra parte el efecto combinado de los índices de surgencia y la temperatura superficial del mar, sobre la abundancia relativa del *Gelidium robustum* presentó una relación en forma de domo, característica de las áreas de surgencia (Roy *et al.*, 1992), lo cual nos sugiere que una ventana ambiental óptima se presentara cuando la intensidad de la surgencia sea moderada (dentro o levemente superior a los valores promedio) y las temperaturas por debajo del promedio. Este tipo de relación en forma de domo, probablemente se presenta debido a que aun cuando las surgencias son benéficas para el desarrollo de la planta, surgencias muy intensas están relacionadas con una mayor velocidad del viento que puede ocasionar daños a la población.

La variabilidad interanual de la CPUE en la zona 3 y su relación con las variables ambientales, muestra un comportamiento muy similar al que se presenta para toda el área de estudio. El fenómeno de “El Niño” produce una disminución de la CPUE en la mayoría de las zonas de explotación, lo que es más notorio en las zonas que tienen

registros más frecuentes; esto resulta muy importante, ya que como señala Lluch-Cota et al. (en prensa), si el administrador del recurso, sabe con anticipación que se va a presentar un fenómeno de “El Niño”, pueden determinar la estrategia a seguir y el usuario tendrá tiempo de adecuarse a la situación. En el caso de *G. robustum* la estrategia a seguir podría ser el de aumentar las capturas del recurso antes de que se presente el fenómeno, y después de que “El Niño” se ha presentado la recomendación sería en el sentido de reducir el esfuerzo de pesca sobre el recurso para permitir la recuperación de los mantos. Asimismo, al conocer los pronósticos de la intensidad de las surgencias, se podrán predecir las CPUE posteriores al evento y planear la estrategia de explotación.

9. CONCLUSIONES.

Durante el período de 1980 a 1994, el volumen cosechado de *Gelidium* en Baja California Sur, fue de 7,872 t, con un máximo de 699 t utilizando 287 equipos en 1980 y un mínimo de 306 t en 1994, usando 80 equipos. El esfuerzo de pesca aplicado, mostró variaciones muy similares a las de la captura, existiendo una relación directa entre ambas variables.

Las diferentes zonas de explotación presentaron una tendencia similar en el comportamiento de sus curvas de captura, pero con diferencias significativas en sus volúmenes de producción. La mayor cosecha se obtuvo en la zona 3 que comprende de Punta Eugenia a Bahía Tortugas, de donde se extrajo el 63.06 % del *Gelidium*, y conforme se avanza latitudinalmente fue disminuyendo hasta ser casi nulo su aporte en Punta Prieta (zona 6).

Los cambios significativos en el volumen cosechado de *Gelidium* durante el período de estudio, pueden estar determinados, por el descenso del esfuerzo pesquero aplicado; lo cual puede estar definido por un bajo precio del *Gelidium* en el mercado ó debido a la estrategia del pescador de explotar otro recurso en función de su disponibilidad y valor comercial.

La CPUE (abundancia relativa) presentó cambios estacionales, en cada zona de explotación y por consiguiente en toda el área de estudio, con los mayores registros en verano y los más bajos en invierno.

Existe una clara correspondencia entre la variabilidad interanual de la CPUE y las fluctuaciones ambientales. Los registros más altos de CPUE se correlacionaron de manera directa con las surgencias, con un desfase de año y medio a dos años, mientras que con la temperatura la relación fue inversa.

La intensidad de las surgencias es la variable que más contribuye a explicar la fluctuación interanual de la CPUE de *Gelidium*; esto se explica bajo la hipótesis de que a corto plazo, el efecto se refleja en un mayor crecimiento de las frondas de las algas, y a largo plazo con un posible aumento del reclutamiento.

En el caso de *Gelidium robustum* en el área de estudio se presenta una ventana ambiental óptima cuando la intensidad de las surgencias sea moderada (dentro o levemente superior a los valores promedio) y temperaturas por debajo del promedio.

El fenómeno de “El Niño”, tiene un efecto negativo sobre la CPUE de esta especie, de manera general en todas las zonas de explotación, relacionándose con el ascenso de la

temperatura, disminución en la intensidad de las surgencias y una baja en la concentración de nutrientes.

10. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS PARA TRABAJO FUTURO.

La pesquería de *Gelidium* tiene un gran potencial, y se piensa que de aprovechar óptimamente los mantos, es posible lograr producciones de 550 toneladas anuales en promedio. Sin embargo, para evitar la sobreexplotación del alga es importante realizar un seguimiento de la biomasa y abundancia del recurso de manera continua, por lo menos en los mantos sujetos a mayor presión de cosecha.

Se debe tener un mejor control de los registros tanto de los volúmenes de captura, como del esfuerzo pesquero, para lo cual sería recomendable establecer bitácoras donde se especifique el número de equipos y mareas, las horas de buceo y las áreas de captura (nombre del manto), con la finalidad de que los valores de CPUE sean un mejor reflejo de la abundancia de esta especie.

También resulta primordial definir los tiempos de recuperación de los mantos después de la cosecha, mediante estudios de crecimiento; la tasa de regeneración y reclutamiento, para establecer cuotas de captura y la frecuencia de cosecha, que permitan el aprovechamiento sustentable de esta macroalga.

11 LITERATURA CITADA

- Aguilar Rosas, R. y L.E. Aguilar Rosas. 1990. La Conchilla contra el sargazo rojo. **Conciencia.** (5):5-6.
- Anadón, R. y C. Fernández. 1986. Comparación de tres comunidades de horizontes intermareales con abundancia de *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. Et Thur. En la costa de Asturias (N de España). **Inv. Pesq.** 50 (3) :353-366.
- Anderson, T.W. 1972. **The Statistical Analysis of Time Series.** John Wiley & Sons, Inc. U.S.A. 704 p.
- Anderson, S.M. y A.C. Charters. 1982. A fluid dynamics study of seawater flow through *Gelidium nudifrons*. **Limnol. Oceanogr.** 27:399-412.
- Bakun, A. 1973. Coastal upwelling indices, west coast of North America, 1946-71. U.S. Dep. Commer., **NOAA Tech. Rep.** NMFS SSRF-671, 103 p.
- Barber, R.T., J.E. Kogelschartz y F.P. Chávez. 1985. Origin of productivity anomalies during the 1982- 1983 El Niño. **CALCOFI REP.** 26:65-71.
- Barilotti, C.D. y W. Silverthorne 1972. A resource management study of *Gelidium robustum*. **Proc. Seventh Int. Seaweed Symp.**, 255-261p.
- Borja A. 1994. Impacto de la cosecha y recuperación de la biomasa del alga *Gelidium sesquipedale* sometida a dos formas de explotación en el País Vasco (España). **Aquat. Living Resour.**, 7:59-66.
- Carter, A.R. y R.J. Anderson. 1985. Regrowth after experimental harvesting of the agarophyte *Gelidium pristoides* (Gelidiales. Rhodophyta) in the eastern Cape Province. **S.Afr. J. Mar. Sci.**, 3: 111-118.
- Casas Valdez M. M. y C. Fajardo León. 1990. Análisis preliminar de la explotación de *Gelidium robustum* (Gardner) Hollenberg y Abbott en Baja California Sur, México. **Inv. Mar. CICIMAR**, 5 (1): 83-86.

- Casas Valdez, M.M. y C. J. Hernández Guerrero. 1996. Pesquería de *Gelidium robustum*.
In: Casas-Valdez, M y G. Ponce-Díaz (eds) **Estudio del Potencial pesquero y Acuícola de Baja California Sur**. Vol. II. SEMARNAP, Gob. del estado de Baja California Sur, FAO, UABCS, CIBNOR, CICIMAR, Inst. Nal. de la Pesca & CETMAR. 4 19-429 p.
- Cervantes Duarte, R. y S. Hernández Trujillo. 1989. Características hidrográficas de la parte sur de la corriente de California y su relación con algunas especies de copépodos en 1983. **Inv. Mar. CICIMAR. 4 (2): 21 1-224.**
- Clark, N.E., T.J. Blasing y H.C. Fritts. 1975. Influence of interannual climatic fluctuations and biological systems. **Nature, 256: 302-305.**
- Cole, M.K. y R.G. Sheath. 1990. Biology of the red algae.** Cambridge University Press. E.U.A. 517 p.
- Correa, J., M. Avila y B. Santelices. 1985. Effects of some environmental factors on growth of sporelings in two species of *Gelidium* (Rhodophyta). *Aquaculture*, 44:22 1-227.
- Dawson, E.Y. 1961. Marine red algae of Pacific Mexican. Part. 4 Gigartinales. **Pacific Nat., 2 (5): 191-343.**
- Dean, T.A. y F.R. Jacobsen. 1984. Growth of juvenile *Macrocystis pyrifera* (Laminariales) in relation to environmental factors. **Marine Biology. 83:30 1-3 11.**
- Dean, T.A. y F.R. Jacobsen. 1986. Nutrient-limited growth of juvenile kelp, *Macrocystis pyrifera*, during the 1982- 1984 "El Niño" in southern California. **Marine Biology, 90:597-60 1.**
- De la Lanza-Espino, G. 1991. Oceanografía de mares mexicanos.** A.G.T. Editor, México D.F. 560 p.
- Ehrhardt, N.M. 198 1. Métodos de análisis de las estadísticas de captura y esfuerzo de pesca y su aplicación en modelos globales de pesquerías. Curso de Evaluación de Recursos y dinámica de poblaciones. La Paz, B.C.S.

- Espinoza, J. y H. Rodríguez. 1992. Rendimiento y fuerza de gel de *Gelidium robustum* (Gelidiales, Rhodophyta) de la parte central de la península de Baja California. **Rev. Inv. Cient. Ser. Cienc. Mar. UABCS.** 3(1): 1-10.
- Fiedler, P.C. 1984. Satellite observations of the 1982-83 El Niño along the U.S. Pacific coast. **Science.** 224: 125 1- 1254.
- González-Fragoso, J., S.E. Ibarra-Obando y W.J. North. 1991. Frond elongation rates of shallow water *Macrocystis pyrifera* (L.) Ag. in northern Baja California, Mexico. **J. Applied Phycology.** 3(4):3 1 1-3 18.
- Guzmán del Proo, S.A. y L. Granados. 1968. Programa nacional de algas marinas. **Serie Trab. de Divul. Direc. Gral. Pesca,** 13 (130): 3-26.
- Guzmán del Proo, S. A. y S. De la Campa.** 1969. Investigaciones sobre *Gelidium cartilagineum* en la costa occidental de Baja California, México. **Proc. Sixth Int. Seaweed Symp., 6: 179-186.**
- Guzmán del Próo, S. A., S. De la Campa y J. Pineda. 1972. Shedding rhythm and germination of spores in *Gelidium robustum*. **Proc. Int. Seaweed Symp., 7: 221-228.**
- Guzmán del Próo, S. A., y S. De la Campa. 1979. *Gelidium robustum* (Florideophyceae), an agarophyte of Baja California, México. **Proc. Ninth Int. Seaweed Symp., 9: 303-308.**
- Guzmán del Próo, S. A., M. Casas V., A. Díaz, M.L. Díaz, J. Pineda y M.E. Sánchez. 1986. Diagnóstico sobre las investigaciones y explotación de las algas marinas en México. **Inv. Mar. CICIMAR,** 3 (2): 1-63.
- Guzmán del Próo, S. A.** 1993. Desarrollo y perspectivas de la explotación de algas marinas en México. **Ciencia Pesquera** (9):129-136.
- Hernández-Carmona, G. 1987. Recuperación de los mantos de sargazo gigante (*Macrocystis pyrifera*) en Baja California, después del fenómeno de “El Niño” de

- 1982-83. In: Ramírez-Rodríguez, M.E. (ed) Mem. Simp. Invest. Biol. Oceanogr. Pesq. México. 147-154 p.
- Hernández-Carmona, G. 1996. Tasas de la elongación de frondas de *Macrocystis pyrifera* (L.) Ag. en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Ciencias Marinas. 22 (1):57-72.
- Juanes, J.A. y C. Fernández. 1988. Ciclo anual y producción de *Gelidium latifolium* (Grev.) Thur. et Born. (1876), en la región de cabo Peñas (Asturias, N de España). Inv. Pesq. 52 (1):109-122.
- Johnston, G.R. y F.L. Feeney. 1944. Periodicity of *Gelidium cartilagineum*, a perennial red alga. Am J. Bot. 31:25-29.
- Lasker, R. 1978. Ocean variability and its biological effects -Regional review- Northeast Pacific. Rapp. P.v. Réunion. Cons. Int. Explor. Mer., 173: 168-181.
- Lee, E.R. 1989. Phycology. 2a. de. Cambridge University Press. U.S.A. 645 p.
- León, C.G. y M. Muciño. 1996. Pesquería de Abulón. In: Casas, V.M. y G. Ponce (eds). Potencial Pesquero Acuícola de Baja California Sur. Vol.I SEMARNAP, Gob. del estado de Baja California Sur, FAO, UABCS, CIBNOR, CICIMAR, Inst. Nal. de la Pesca & CETMAR. 15-42 p.
- Lluch-Cota, D.B., C.A. Salinas-Zavala y P. Del Monte-Luna. (en prensa) El Niño y la pesca en el Noroeste de México. Oceanología.
- Lluch-Belda, D., S. Hernández, D.B. Lluch, C.A. Salinas, F. Magallón y F. de La Chica. 1991. Variación climática y oceanográfica global: sus efectos en el Noroeste mexicano. Ciencia y Desarrollo, XVII (98): 79-88.
- Lluch-Belda, D., S. Hernández, D.B. Lluch y C.A. Salinas. 1992. La variación oceánica interanual en el marco del cambio global. Ciencia, núm especial 43: 139- 144.
- Lluch-Belda, D., A. Vega-Velázquez, J. Polovina, M. Ramade-Villanueva, S.A. Guzman-del Prío, S.E. Lluch-Cota, S. Hernández-Vázquez y D.B. Lluch-Cota. (en prensa)

- Climate induced change in sustainable yield in the Baja California multispecies abalone fishery. *Fisheries Oceanography*.
- Longhurst, A., M. Colebrook, J. Gulland, R. LeBrasseur, C. Lorenzen y P. Smith. 1972. The instability of ocean populations. *New Scientist*, 1: 2-4.
- Lynn, R.J. & J.J. Simpson. 1987. The California Current System: The seasonal variability of its physical characteristics. *J. of Geophy. Res.* 92(12): 12947- 12966.
- Margalef, R. 1977. **Ecología**. Omega. Barcelona. 950 p.
- McHugh, D.J. 199 1. Worldwide distribution of commercial resources of seaweeds including *Gelidium*. In: Juanes, J.A., B. Santelices y J.L. McLachlan (eds). International Workshop on *Gelidium*. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 19-30 p.
- McQuaid, C.D. 1985. Seasonal variation in biomass and zonation of nine intertidal algae in relation to changes in radiation, sea temperature and tidal regime. **Botanica Marina** Vol.28:539-544.
- Molina, M. 1986. Notas sobre tres especies de algas marinas: *Macrocystis pyrifera*, *Gelidium robustum* y *Gigartina canaliculata*, de interés comercial en la costa occidental de Baja California, México. Documento Técnico Informativo. **Sepesca.**, 3:16-39.
- Murphree, T. y C. Reynolds. 1995. El Niño and La Niña effects on the northeast Pacific: the 1991-1993 and 1988-1989 events. **Calcofi Rep.** 36: 45-56.
- North, W.J. y R.C. Zimmerman. 1984. Influences of macronutrients and water temperature on summertime survival of *Macrocystis* canopies. **Hidrobiología**, 116/117:419-424.
- Oliger, P. y B. Santelices. 198 1. Physiological ecology studies on Chilean Gelidiales. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, 53: 65-75.

- Pacheco-Ruiz, I. 1990. Ecología y maricultivo de *Gelidium robustum* (Gardn.) Hollenb. & Abb. (Rhodophyta) en Baja California, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas, UABC. Ensenada. 87p.
- Pacheco-Ruiz, I. y J.A. Zertuche-González. 1995. Efecto del movimiento del agua sobre el crecimiento de *Gelidium robustum* (Gard.) Hollenb y Abb. (Rhodophyta). **Ciencias Marinas**. 21(1):59-70.
- Rodríguez-Vargas, D., J. González-González y E. Serviere-Zaragoza. 1993. Gelidiáceas (Rhodophyta) en el Pacífico Tropical. *In* : Salazar-Vallejo y N.E. González (eds) Biodiversidad marina y costera de México. **Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO**, México. 445-455 p.
- Roy, C., P. Cury y S. Kifani. 1992. Pelagic fish recruitment success and reproductive strategy in upwelling areas: environmental compromises. **S. Afr. J. mar Sci.** **12**: 135-146.
- Salgado, C. L.** y F. Uribe. 1991a. Estudio de manejo de *Gelidium robustum* (GELIDIACEA: RHODOPHYTA) en Punta San Miguel, B.C. 1.1 Estructura de la población en un manto no explotado. Memorias del VII Congreso Nacional de Oceanografía. PESCA: 46-58.
- Salgado, C.L. y F. Uribe. 1991b. Estudio de manejo de *Gelidium robustum* (GELIDIACEA: RHODOPHYTA) en Punta San Miguel B.C. 1.2 Biomasa disponible en Punta San Miguel y otras zonas sujetas a explotación. Memorias del VII Congreso Nacional de Oceanografía. PESCA: 59-71.
- Salinas, J.M. 1991. El proceso de refijación en *Gelidium sesquipedale* (Clem.) Bom. et Thur. (Gelidiales: Rhodophyta). **Bol. Inst. Esp. Oceanogr.**, **7** (2): 3-58.
- Salinas, J.M.** y L. Valdés. 1993. Influence of temperature and photoperiod on the re-attachment process of *Gelidium sesquipedale* (Clem.) Bom. et Thur. (Gelidiales:Rhodophyta). **J. of Applied Phycology** 5:3 17-326.

- Salinas-Zavala, C.A.; R. Coria-Benet y E. Díaz-Rivera. 1991. Climatología y meteorología. *In: Ortega, A. y L. Arriaga (ed). La reserva de la biosfera El Vizcaíno en la península de Baja California.* Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A.C. 3 17 p.
- Santelices, B. 1974. Gelidioid algae, a brief resume of the pertinent literature. **Technical Report No. 1.**
- Santelices, B. 1988. Synopsis of biological data on the seaweed genera *Gelidium* and *Pterocladia* (Rhodophyta). **FAO. Fish. Synop. 14555.**
- Santos, R. y P. Duarte, 1991. Marine plant harvest in Portugal. **Journal of Applied Phycology, 3:11 - 18.**
- Sverdrup, H. U., M.W. Johnson y R.H. Fleming. 1942. **The oceans. Prentice Hall. Nueva York, 706-732.**
- Tegner, M.J., Dayton, P.K., Edwards P.B. y Riser K.L. 1996. Is there for long-term climatic change in Southern California kelp forest?. **CalCOFI Rep. 37: 11 1126.**
- Vásquez, J.A. y R. Westermeier. 1993. Limiting factors in optimizing seaweed yield in Chile. **Hydrobiologia 260/261:3 13-320.**
- Vega, V. A. y D.B. Lluch Cota. 1991. Análisis de las fluctuaciones en la producción de langostas (*Panulirus* spp), del litoral de la península de Baja California, en relación con el desarrollo histórico de la pesquería y la variabilidad del marco ambiental. *In: Guzmán del Prío, S. A. (ed) Taller México-Australia sobre reclutamiento de recursos bentónicos de Baja California. PESCA & IPN. 191-212 p.*
- Vega, V.A.; G. Espinoza y C.Gómez. 1996. La pesquería de langosta (*Palinurus* spp) en Baja California Sur. *In: Casas, V.M. y G. Ponce (eds). Potencial Pesquero Acuícola de Baja California Sur. Vol. 1. SEMARNAP, Gob. del estado de Baja California Sur, FAO, UABCS, CIBNOR, CICIMAR, Inst. Nal. de la Pesca & CETMAR. 227-262 p.*

Zertuche-González, J.A. 1993. Situación actual de la industria de las algas marinas productoras de ficocoloides en México. **In:** Situación actual de la industria de macroalgas productoras de ficocoloides en América Latina y el Caribe. **Documento de campo No. 13. FAO, México. 5-15 p.**