

Composición química del zooplancton de la región central del Golfo de California durante el periodo marzo/abril de 1995

López -Cortés, David Javier¹, Lavaniegos-Espejo, Bertha^{1,2},
García -Pamanes, Jorge³ y Hernández Sandoval, Francisco¹.

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). Km 0.5 Carr. San Juan de la Costa, P."El Comitan" Apdo. Postal 128. La Paz , B.C.S

²Marine Life Research Group, Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego, La Jolla, Ca. 92093-0227

³Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada . Avenida Espinoza 843 Ensenada , B.C.

López -Cortés, D. J., B. Lavaniegos-Espejo, J. García -Pamanes y F. Hernández Sandoval, 1999. Composición química del zooplancton de la región central del Golfo de California durante el periodo marzo/abril de 1995. *Hidrobiológica* 9 (1): 53-62.

RESUMEN

Se analiza la biomasa del zooplancton y su composición química en la región central del Golfo de California. Las condiciones hidrográficas fueron típicas de primavera, con fuertes vientos, baja temperatura (18-19 °C) y salinidades de 35.0-34.5 ups en la capa superficial (0-50 m). Por debajo de esa profundidad se encontró una fuerte estratificación de temperatura y oxígeno en toda la región , exceptuando la del Umbral Salsipuedes. Los niveles medios de peso húmedo, peso seco y peso orgánico fueron 285.67, 24.09, 12.10 mg m⁻³ respectivamente, con un menor coeficiente de variación para el peso seco (35 %). El contenido medio de proteínas fue de 32.30 ± 7.82 % del peso seco, el de los lípidos de 13.53 ± 5.11 % y el de carbohidratos de 3.18 ± 1.25 %. Estos valores son similares a los reportados por otros autores para la franja tropical y subtropical. Dos especies de copépodos fueron dominantes *Calanus pacificus* y *Rhincalanus nasutus*. Su composición química es un indicador de su calidad nutricional.

Palabras clave: Zooplancton, Composición química, Golfo de California.

ABSTRACT

The biomass and biochemical composition of zooplankton was studied in the central region of the Gulf of California. Hydrographic conditions were typical of Spring, with strong winds, low temperatures (18-19 °C) and salinities of 35.0-34.5 ups in the surface layer (0-50 m). Below this depth a strong stratification of temperature and oxygen was found in the region, excepting in the Salsipuedes Sill. Mean values of wet weight, dry weight and organic weight were 285.67, 24.09, 12.10 mg m⁻³ respectively, with the lowest variation coefficient for the dry weight (35 %). The mean content of proteins was 32.30 ± 7.82 of the dry weight, 13.53 ± 5.11 for lipids and 3.18 ± 1.25 for carbohydrates. These values are similar to those reported by other authors for the tropical and subtropical latitudes. Two species of dominant copepods were *Calanus pacificus* and *Rhincalanus nasutus*. Their chemical content is an indicator of nutritional quality.

Keywords : Zooplankton, Chemical composition, Gulf of California.

INTRODUCCION

La composición química del zooplancton mixto y la de sus diferentes especies, constituye una información biológica fundamental para la estimación de la producción

secundaria de diversos ecosistemas acuáticos (Raymont, 1983; Nandakumar *et al.*, 1988). Tres son los metabolitos mejor estudiados; proteínas, carbohidratos y lípidos. De estos últimos existen numerosos estudios enfocados a los ácidos grasos, triglicéridos y ceras esterificadas (Lee *et*

al., 1971; Sargent y Whittle, 1981; Reinhardt y Van Vleet, 1986), que son moléculas de reserva para los procesos de crecimiento, desarrollo y reproducción (Bourdier y Amblard, 1989; Ben-Mlih y Marty, 1989; Mourente *et al.*, 1994; Ederington *et al.*, 1995). También son usados como marcadores en los diferentes niveles tróficos y en el flujo del material orgánico y sedimentos (Graeve *et al.*, 1994; Harvey, 1994).

Las proteínas y carbohidratos son considerados como sustratos útiles durante el metabolismo y como compuestos de reserva, principalmente de organismos del zooplancton tropical, los cuales contienen bajo contenido de lípidos (Madhupratap *et al.*, 1979; Goswami *et al.*, 1981; Morris y Hopkins, 1983; Kumari y Achuthankutty, 1989). Los estudios acerca de la composición bioquímica y su papel en las funciones metabólicas en organismos del zooplancton de zonas tropicales y subtropicales son escasos (Lee y Hirota, 1973; Morris y Hopkins, 1983); lo son también para la Corriente de California y costas de California (Ohman, 1988; Håkanson, 1984). La mayoría de los trabajos se refieren a especies que habitan zonas frías de latitudes altas (Conover y Huntley, 1991; Graeve *et al.*, 1994).

La zona central del Golfo de California es influenciada estacionalmente por diversas corrientes marinas (Bray, 1988) y vientos (Badan-Dangon *et al.*, 1985) que al conjugarse provocan condiciones hidrográficas peculiares. En esta región se ha estudiado la taxonomía y distribución de algunos grupos zooplantónicos, la ecología de especies vinculadas a las pesquerías (Brinton *et al.*, 1986), y más recientemente, el efecto de la capa mínima de oxígeno en la distribución vertical del zooplancton en la fosa de Guaymas (Shushkina y Vinogradov, 1992). Durante el fenómeno de "El Niño" de 1982-1983, esta zona también fue objeto de estudio, principalmente sobre la biomasa zooplantónica; se determinaron niveles altos de volumen desplazado, peso húmedo, seco y orgánico (Jiménez-Pérez y Lara-Lara, 1988; Lavaniegos-Espejo y Lara-Lara, 1990) y de peso seco en la región norte del golfo (Farfán y Alvarez-Borrego, 1992).

En relación con la composición química, se ha estudiado al material orgánico suspendido (Zeitzschel, 1970), los agregados orgánicos de origen diferente, conocidos como "nieve marina" (Aldredge, 1979), el material nanoparticulado y microparticulado (Bustillos-Guzmán, 1990), así como también el material orgánico particulado (López-Cortés *et al.*, 1991), el mesozooplancton y nanofitoplancton (López-Cortés *et al.*, 1992) y el seston de esta zona y áreas adyacentes (López-Cortés *et al.*, 1996).

Este trabajo tiene como objetivo estudiar la composición química del zooplancton mixto, y de algunas de sus especies

dominantes, bajo la influencia de las condiciones típicas de primavera en la zona central del Golfo de California, determinando y analizando su contenido de proteínas, carbohidratos y lípidos.

MATERIALES Y METODOS

El material utilizado se colectó a bordo del buque oceanográfico Francisco de Ulloa del 24 de marzo al 5 de abril de 1995. Se practicaron arrastres verticales hasta 300 m de profundidad en horario diurno en once estaciones en la región central del Golfo de California (Fig.1). Además en

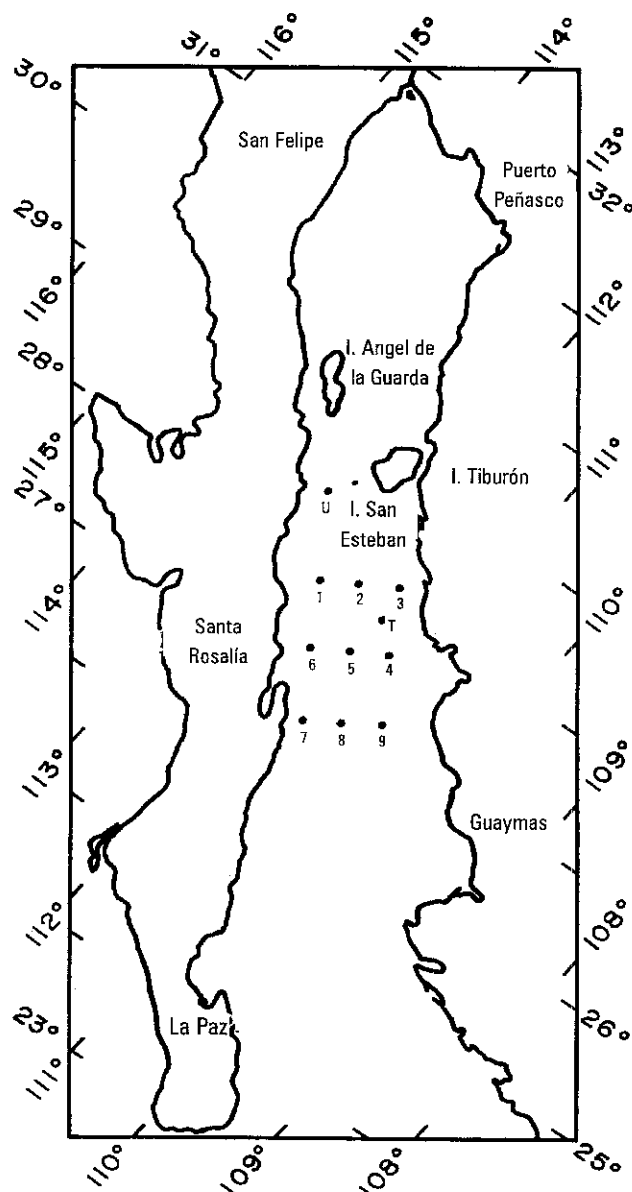


Figura 1. Estaciones de muestreo en la región central del Golfo de California.

dos estaciones en el umbral de Salsipuedes y cerca de la fosa de Guaymas (U y T) se efectuaron arrastres nocturnos (Fig 1). Se usó una red bongo provista con redes de 64 y 202 μm y flujómetros. Únicamente se utilizó la muestra recolectada con la red de 202 μm . El plancton se guardó en nitrógeno líquido hasta el momento de ser analizado en el laboratorio. Los parámetros físico-químicos (temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto) se determinaron con ayuda de un CTD modelo Sea Bird.

Para el análisis de biomasa se utilizó $\frac{1}{4}$ de muestra del zooplancton mixto. Las submuestras fueron obtenidas con base en el peso húmedo de la muestra total. La biomasa, expresada como peso húmedo, peso seco y peso orgánico, se determinó siguiendo los métodos de Beers (1976). En individuos de algunos grupos y especies, los cuales se separaron al microscopio, se practicaron análisis de peso seco, proteínas y carbohidratos. De las especies de copépodos y eufáusidos más abundantes se seleccionaron 10 individuos (cada una con dos réplicas) de los copépodos calanoides *Calanus pacificus* Brodsky y *Rhincalanus nasutus* Giesbrecht, presentes en la mayoría de las muestras.

En eufáusidos, se analizaron principalmente dos especies *Nematoscelis difficilis* Hansen y *Nyctiphanes simplex* Hansen. En este caso se utilizaron de 5 a 10 individuos en estadio de larva y un sólo organismo para los adultos. Otros organismos del macrozooplancton, también fueron tratados en forma individual. Los calamares (larvas) y ctenóforos fueron previamente macerados y homogeneizados con una varilla de vidrio en un tubo de ensayo tipo Corex, de esta mezcla se tomaron alícuotas de 100 μl para los análisis.

Para el análisis de lípidos totales del zooplancton mixto se tomó una alícuota de 1.5 g de plancton, por duplicado; se extrajeron con una solución de cloroformo: metanol (2:1 v/v) por el método de Bligh y Dyer (1959). La cuantificación se realizó por gravimetría. Para la determinación de proteínas y carbohidratos, se tomaron por duplicado alícuotas de 75 mg de plancton y se digirieron con una solución de hidróxido de sodio 1N, y ácido sulfúrico al 65 % respectivamente; se centrifugaron a 3000 rpm, del sobrenadante se tomó 0.5 ml. La determinación de proteínas se hizo con el reactivo de fenol de Folin & Ciocalteu (Lowry *et al.*, 1951), usando albúmina bovina como estándar. Los carbohidratos se determinaron por el método de fenol-sulfúrico propuesto por Dubois *et al* (1956), utilizando como estándar D-glucosa.

El valor calórico del zooplancton mixto fue calculado usando el factor de conversión propuesto por Winberg (1971): proteínas = 5.65 Kcal g^{-1} , lípidos = 9.45 Kcal g^{-1} ; carbohidratos = 4.10 Kcal g^{-1} .

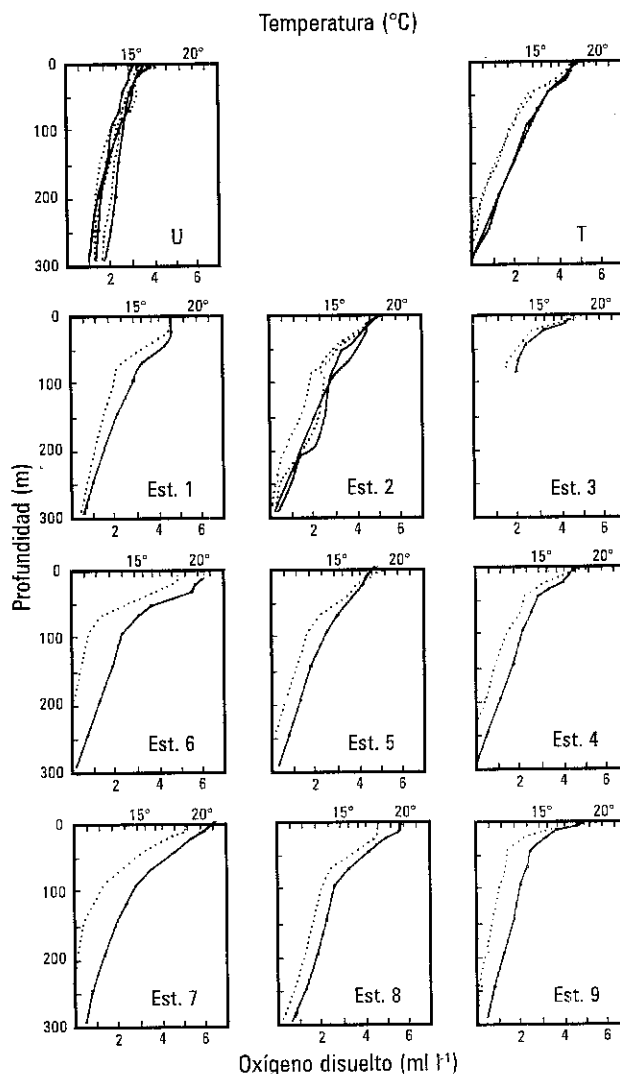


Figura 2. Distribución vertical de temperatura $^{\circ}\text{C}$ (línea continua) y oxígeno disuelto ml l^{-1} (línea punteada) en las estaciones de muestreo en la región central del Golfo de California.

RESULTADOS

Estructura hidrogáfica

En la mayor parte de la región estudiada la temperatura superficial osciló entre los 17.8 y los 21.6 $^{\circ}\text{C}$. Se observó una diferencia entre costas, con temperaturas más elevadas en las estaciones cercanas a Baja California (1,6 y 7) y una termoclina más profunda (50 m) que en las estaciones cercanas a Sonora (Fig. 2); los incrementos de la temperatura fueron de norte a sur.

En la estación Umbral (U) se presentó una estructura térmica peculiar, ya que en la superficie se registraron las temperaturas más bajas (15.7-17.0 $^{\circ}\text{C}$) de toda la región de muestreo, en tanto que a profundidades por debajo de los

Tabla 1. Biomasa de zooplancton (mg m^{-3}) de la región central del Golfo de California durante marzo-abril, 1995. Media (m), desviación estándar (ds), coeficiente de variación (cv).

Estación	Peso húmedo	Peso seco	Peso orgánico
1	80.80	7.76	4.13
2	167.57	13.60	10.44
2'	323.26	25.04	13.29
3	495.94	31.74	10.29
4	374.77	26.40	10.87
5	369.20	34.61	19.29
6	331.71	31.95	18.70
7	331.78	25.10	12.64
8	286.23	24.37	8.50
9	379.64	25.63	10.65
T1	238.93	22.21	12.73
T2*	206.46	17.56	8.54
U1	93.20	8.94	4.14
U2*	235.20	27.66	16.11
U3*	370.36	38.84	21.27
m	285.67	24.09	12.10
ds	110.98	8.64	4.89
cv(%)	38.85	35.87	40.49

* Colectas nocturnas

2, 2' misma estación diferente hora y día, las dos son diurnas.

200 m, la temperatura fue más elevada ($12.0\text{-}13.4\text{ }^{\circ}\text{C}$) que en las demás estaciones.

Algunos sitios de muestreo (2, 5 y U) no mostraron una capa de mezcla definida. La salinidad fue homogénea en la región, con $35.1\text{-}35.3$ ups en la superficie y de $34.6\text{-}34.9$ ups a 300 m de profundidad. Al igual que la temperatura, el oxígeno disuelto fue menor en superficie en la estación U, pero mayor por debajo de los 100 m, en comparación con el resto de las estaciones. En las estaciones ubicadas al sur, el oxígeno tendió a agotarse completamente por debajo de los 250 m, indicando probablemente la influencia de agua Tropical Subsuperficial, por arriba de esta masa de agua se incrementó el influjo de Agua Tropical Superficial, disminuyendo el efecto de la Corriente de California creándose un perfil de agua Superficial Tropical-agua del Golfo (Alvarez-Borrego y Schwartzlose, 1979; Robles y Marinone, 1987; Bray, 1988).

Peso húmedo, seco y orgánico

La biomasa expresada como peso húmedo presentó concentraciones entre 80.80 y 495.94 mg m^{-3} (Tabla 1). El contenido mínimo correspondió a la estación 1, ubicada frente a la costa de Baja California, mientras que el nivel máximo se presentó frente a la costa de Sonora (estación

3). Sin embargo, esta diferencia entre costas no se sostuvo en los demás transectos, y la variabilidad a diferentes horas llegó a ser mayor (estación Umbral) que la espacial. La misma tendencia se observó para el peso seco y el peso orgánico, los cuales tuvieron un valor medio de 24.09 ± 8.64 y de $12.10 \pm 4.89\text{ mg m}^{-3}$, respectivamente. El coeficiente de variación fue similar para los tres parámetros.

Composición química

El contenido de proteínas, expresado como porcentaje de peso seco (Tabla 2) fue poco variable en la región de estudio. Las concentraciones más altas se encontraron en el transecto Santa Rosalía-Guaymas, pero en general fueron bajas ($< 50\%$). No hubo diferencias entre los arrastres diurnos y nocturnos. El porcentaje de carbohidratos respecto al peso seco fue menor al 6%, siendo más bajos ($< 2\%$) en el Umbral de Salsipuedes y más altos ($> 4.5\%$) en la región contigua a Guaymas (estaciones 5 y T₁ y T₂). El contenido medio de lípidos fue del $13.53 \pm 5.11\%$ del peso seco.

Los porcentajes medios del contenido de proteínas, carbohidratos y lípidos respecto al peso orgánico fue de :

Tabla 2. Contenido de proteínas (PROT), carbohidratos (CHO), lípidos (LIP) (% peso seco y peso orgánico) y valor calórico (V.CAL**) del zooplancton de la región central del Golfo de California durante marzo-abril, 1995.

Est.	PROT.		CHO.		LIP.		V.CAL.
	%PS	%PO	%PS	%PO	%PS	%PO	
1	39.30	73.00	3.90	7.24	10.18	18.91	25.87
2	31.38	59.18	3.87	6.53	17.77	33.51	70.14
2	30.61	63.90	5.74	5.90	15.68	29.56	68.45
3	21.40	65.96	2.48	7.64	8.56	26.38	67.26
4	23.88	57.98	5.68	13.79	11.62	28.21	70.75
5	46.80	87.22	3.09	5.54	5.83	10.46	115.00
6	40.95	69.96	2.91	4.97	14.67	25.06	122.03
7	38.98	77.35	3.33	6.60	8.08	16.03	77.84
8	18.78	53.81	2.99	8.56	13.13	37.62	59.05
9	25.91	62.31	2.68	6.44	12.99	31.24	71.77
T1	32.43	56.53	4.58	7.98	20.35	35.47	87.53
T2*	32.42	66.63	4.55	9.35	11.68	24.00	54.80
U1	33.29	72.24	1.44	3.12	11.35	24.63	27.06
U2*	33.36	57.29	1.51	2.59	23.35	40.10	114.91
U3*	33.38	60.93	1.53	2.79	19.87	36.27	148.59
m	32.30	65.74	3.18	6.65	13.53	27.70	79.47
ds	7.82	9.39	1.25	2.94	5.11	8.66	35.29
cv%	24.21	14.28	39.31	44.21	37.77	31.26	44.41

*Colectas nocturna

** Calculado con los factores de conversión de Winberg (1971)

Tabla 3. Composición química (media \pm desviación estandar, $\mu\text{g ind}^{-1}$) de algunos copépodos de la región central del Golfo de California durante marzo-abril, 1995 (n=2, donde cada muestra contiene 10 individuos).

ESTACION	PROTEINAS	CARBOHIDRATOS	² LIPIDOS	PESO SECO
<i>Calanus pacificus</i>				
1	25.03 \pm 3.9	6.5 \pm 2.6	55.5	87.0 \pm 1.0
2	27.2 \pm 0.0	1.5 \pm 0.1	73.3	104.0 \pm 3.0
3	11.7	2.8	-	-
5	29.3 \pm 0.6	1.6 \pm 0.5	83.1	114.0
6	23.6 \pm 0.0	0.5 \pm 0.3	-	-
8	29.7 \pm 3.8	0.2 \pm 0.1	51.1	81.0 \pm 5.0
9	24.8 \pm 0.6	0.6 \pm 0.3	74.1	99.5 \pm 9.5
T1	21.5 \pm 1.1	8.4 \pm 0.2	63.6	93.5 \pm 2.5
U3*	21.7 \pm 0.7	2.4 \pm 0.6	64.4	88.5 \pm 2.5
Golfo central ¹	23.83 \pm 5.4	2.7 \pm 2.8	66.7 \pm 10.5	95.3 \pm 11.3
<i>Rhincalanus nasutus</i>				
1	3.6 \pm 1.0	2.6 \pm 0.6	-	-
2	9.0 \pm 0.7	1.2 \pm 0.3	69.3	79.5 \pm 9.5
3	5.7 \pm 1.6	1.6 \pm 0.1	-	-
4	11.2 \pm 0.3	0.3 \pm 0.0	70.5	82.0 \pm 14.0
5	10.7 \pm 2.5	0.4 \pm 0.2	51.4	62.5 \pm 9.5
6	15.9 \pm 0.1	1.1 \pm 0.2	61.5	78.5 \pm 2.5
7	9.7 \pm 1.7	0.7	72.5	88.5 \pm 6.5
8	9.9 \pm 1.6	0.5 \pm 0.4	48.6	63.0 \pm 15.0
9	15.3 \pm 0.1	0.7	72.5	88.5 \pm 6.5
T1	9.1 \pm 0.3	4.5 \pm 1.1	82.4	96.0
U3*	13.2 \pm 2.2	2.8 \pm 0.3	67.5	83.5 \pm 7.5
Golfo central	10.3 \pm 3.7	1.4 \pm 1.3	67.8 \pm 11.9	81.2 \pm 12.4
<i>Scolecithrix danae</i>				
8	11.36 \pm 1.0	0.4 \pm 0.0		

* Colectas nocturnas.

¹ Promedio de todas las estaciones

² Valores de lípidos se estimaron por diferencia de peso seco menos proteínas y carbohidratos.

65.74 \pm 9.39, 6.65 \pm 2.94, y 27.70 \pm 8.66% respectivamente (Tabla 2). Las proteínas tuvieron un coeficiente de variación más bajo. En las colectas nocturnas de la estación Umbral se encontraron los porcentajes mayores de lípidos, lo que produjo a su vez un valor calórico alto (Tabla 2). En las estaciones 5 y 6, el contenido calórico fue también superior a 100 cal m⁻³, pero en este caso obedeció a concentraciones elevadas de proteína.

Para las especies seleccionadas, *Calanus pacificus* presentó una concentración media de 95.3 \pm 11.3 $\mu\text{g ind}^{-1}$ y *Rhincalanus nasutus*, de 81.2 \pm 12.4 $\mu\text{g ind}^{-1}$ (Tabla 3). Siendo *C. pacificus* quien tuvo el mayor contenido proteínico. Bajas concentraciones de proteínas fueron

observadas para las larvas de los eufáusidos *Nematoscelis difficilis* y *Nyctiphanes simplex* (Tabla 4), inferiores incluso a los de *C. pacificus*. Los carbohidratos, por el contrario, tuvieron niveles altos. Los adultos de *N. difficilis* tuvieron concentraciones de proteínas en un intervalo de 940 a 1440 $\mu\text{g ind}^{-1}$. En el Umbral Salsipuedes, tanto en hembras como en machos de esta misma especie de eufáusido, las proteínas estuvieron arriba de 1300 $\mu\text{g ind}^{-1}$, en cambio en la estación T₂, el valor máximo de proteínas correspondió a 1080 $\mu\text{g ind}^{-1}$. De *N. simplex* se analizó únicamente una hembra, con una concentración baja de proteínas, casi la tercera parte de la que presentó *N. difficilis* con una talla semejante (Tabla 4).

Tabla 4. Composición química (media \pm desviación estándar, $\mu\text{g ind}^{-1}$) de algunos eufáusidos y grupos zooplanctónicos de la región central del Golfo de California durante marzo-abril, 1995 (n=2, donde cada muestra contiene de 5 a 10 individuos en el caso de larvas furcilia).

ESTACION	ESTADIO (mm)	PROTEINAS	CARBOHIDRATOS
<i>Nematoscelis difficilis</i>			
T1	furcilia	10	10
T2*	hembra (19)	940	210
	hembra (20) ¹	1080	200
	macho (16)	760	70
U2*	hembra (18)	1440 \pm 110	130 \pm 40
	machos	1065 \pm 431	90 \pm 28
<i>Nyctiphanes simplex</i>			
6	furcilia I-II	10	< 10
U2*	hembra (18)	560	30
U3*	furcilia I-II	< 10	10
	furcilia IV-VI	10	10
CARIDEOS			
8	adultos (50) ²	1490 \pm 540	< 10
OSTRACODOS			
4	(1)	< 10	< 10
2'	(5-10)	90 \pm 10	30 \pm 10
7	(5-10)	120 \pm 10	50 \pm 10
CALAMARES			
1	larvas	1070 \pm 120	100 \pm 70
2'	larvas	1370 \pm 470	130 \pm 120
6	larvas	1890 \pm 610	310 \pm 150
T2*	larvas	1890 \pm 610	310 \pm 150
CTENOFOROS			
U2*	adulto	380	90

* Colectas nocturnas.

¹ Ovígeras.

² Sin incluir el rostrum

Los decápodos carídeos y calamares tuvieron concentraciones de proteínas del mismo orden de magnitud que *N. difficilis*. Los niveles de carbohidratos menores de 10 $\mu\text{g ind}^{-1}$ se obtuvieron de un espécimen de carídeo, mientras que en calamares la concentración relativa de carbohidratos fue del 10 al 20 % de las proteínas.

DISCUSIÓN

Los datos de temperatura, salinidad y oxígeno mostraron la tendencia típica de primavera: con agua fría en la parte más norteña de la región estudiada (estación

U), por la influencia del agua del canal de Ballenas, la cual se enfría debido a la mezcla generada por las mareas y por el empuje de los vientos del noroeste (Badan-Dangon *et al.*, 1985). Para las estaciones restantes los valores de temperatura y oxígeno fueron bajos consecuentemente también ayudados por las surgencias costeras que se intensifican durante este período (Roden, 1964 ; Badan-Dangon *et al.*, 1985).

Los cambios en los factores ambientales como la estratificación de la columna de agua, empuje del viento, ondas internas de marea (Hernández-León, 1988), surgencias (Walsh *et al.*, 1974) y formación de frentes (Le Fèvre, 1986; Faganeli *et al.*, 1989), favorecen el reparto de

la biomasa zooplanctónica. En este estudio su distribución fue muy homogénea en toda la región, como una consecuencia de la alta energía hidrográfica que existe en ella (Roden, 1964; Badan-Dangon *et al.*, 1985), la cual genera procesos de mezcla que provocan la homogenización en la distribución de los organismos del plancton.

La biomasa de zooplancton, en peso húmedo, estimada en este estudio para la región central del Golfo de California, presentó una concentración promedio de 286 mg m⁻³ la cual es 35 % inferior a los reportados durante 1957 (Brinton *et al.*, 1986), 1983 (Jiménez-Pérez y Lara-Lara, 1988) y 1984 (Lavaniegos-Espejo y Lara-Lara, 1990). Una tendencia similar fue observada para los valores en peso seco. Esta diferencia en biomasa puede ser explicada por la influencia del evento de "El Niño" durante 1957-58 y en 1982-83, que permitió un aumento en la biomasa, tal como lo demuestran los autores arriba mencionados. No obstante, hay coincidencias en la distribución de la biomasa, ya que tanto para 1957-58, 1982-83 y 1995 las concentraciones máximas también se presentaron frente a Sonora en la costa occidental del Golfo, donde se ha reportado una alta productividad primaria (Gaxiola-Castro *et al.*, 1995), y es considerada como una área prioritaria de biodiversidad y Centro de Actividad Biológica (Arriaga-Cabrera, L. *et al.*, 1998)

Los estudios acerca de la composición química y el contenido calórico del zooplancton de zonas tropicales y subtropicales son escasos y tienden a darle mayor importancia a las proteínas que a los lípidos como

sustancias de reserva en aguas cálidas (Madhupratap *et al.*, 1979; Goswami *et al.*, 1981). Morris y Hopkins (1983) consideran que cuando la disponibilidad de alimento es constante, las proteínas juegan un papel fundamental como sustancias de reserva en organismos epipelágicos tropicales y subtropicales. Nuestros resultados del zooplancton mixto concuerdan con estas consideraciones, ya que las proteínas representaron la mayor proporción de la biomasa.

Por otro lado comparando nuestros resultados de los análisis del zooplancton mixto con los de otros autores (Goswami *et al.*, 1981; Nandakumar *et al.*, 1988; Kumari y Achuthankutty, 1989; López-Cortés *et al.*, 1991, 1992) observamos que las concentraciones de proteínas, carbohidratos y lípidos se mantienen dentro de los intervalos reportados para zonas tropicales y subtropicales (Tabla 5). En esta misma tabla se muestra que los niveles de proteínas y lípidos son mayores en invierno que en primavera en el Mar de Andaman y de Arabia (proteína: 25-56 % peso seco). Sin embargo en el Golfo de California en primavera y otoño los contenidos fueron del 5-50 % peso seco y en invierno se encontraron niveles altos de proteínas en el material nanoparticulado y microparticulado (1.3-2.5 g PRO m⁻², 0.3-2.9 g PRO m⁻² respectivamente) principalmente en estaciones ubicadas en la fosa de Guaymas (López-Cortés *et al.*, 1996).

El análisis de los componentes taxonómicos del zooplancton del Golfo de California ha mostrado que, como en otros ecosistemas, los copépodos son el grupo dominante (Manrique, 1977; Jiménez-Pérez y Lara-Lara, 1988; Lavaniegos-Espejo y Lara-Lara, 1990). Según Frost

Tabla 5. Comparación de biomasa en peso seco (mg m⁻³) y contenido químico (% del peso seco) de zooplancton procedente de diversas regiones de la franja tropical y subtropical.

ÁREA GEOGRÁFICA	FECHA*	P.S.**	PROT.	CHO.**	LIP.**	REFERENCIA
Mar de Andaman	12/75-02/80	114	34-53	2-10	4-18	Goswami <i>et al.</i> , 1981.
Mar de Arabia						
Norte y central	05-06/80	-	16-30	4-8	3-10	Nandakumar <i>et al.</i> , 1988.
Noreste	11-12/85	13-47	25-56	1-3	12-15	Kumari y Achuthankutty, 1989
Golfo de California						
Norte	10/72-10/73	1-150	-	-	-	Farfán y Álvarez-Borrego, 1992.
	08-09/87	-	5-50	10-45	-	López-Cortés <i>et al.</i> , 1992.
Central	56-57	11-32	-	-	-	Brinton <i>et al.</i> , 1986.
	03/83	33±26	-	-	-	Jiménez-Pérez y Lara-Lara, 1988.
	03-04/84	-	40	13	-	López-Cortés <i>et al.</i> , 1991.
	03-04/95	24±9	19-47	1-6	8-20	Este estudio

*Mes/año

**Peso seco (PS), Proteínas (PROT), Carbohidratos (CHO), Lípidos (LIP)

(1972) los copépodos calanoides constituyen una vía primordial para el flujo de energía entre productores primarios y las grandes especies depredadoras del zooplancton y necton. En este estudio las dos especies dominantes de calanoides de gran talla (*Calanus pacificus*: 2.6-2.8 mm y *Rhincalanus nasutus*: 3.9-5.1 mm), Longhurst (1967) las señala como características de regiones de surgencias. Estas especies deben jugar un papel fundamental en las cadenas tróficas del Golfo como se ha observado en la cuenca Santa Bárbara del sur de California (Häkanson, 1984; Ohman, 1988), debido a sus hábitos herbívoros. El contenido de proteínas de *C.pacificus* fue muy similar en todas las estaciones diurnas y nocturnas, mientras que *R. nasutus* mostró una mayor variabilidad; y nuevamente se obtuvieron los niveles más altos en el centro de la región y costa de Sonora, coincidiendo con una elevada productividad primaria y biomasa fitoplanctónica (García-Pámanes, datos no publicados).

Probablemente *R. nasutus* requiere concentraciones altas de alimento para satisfacer sus necesidades fisiológicas y tiene pocos excedentes para almacenarlos como materiales de reserva, mientras que *C.pacificus* tiene requerimientos relativamente menores y convierte más alimento en materiales de reserva. También es probable que *R. nasutus* tenga un mayor gasto metabólico que *C.pacificus*, dado que efectúa amplias migraciones verticales diarias (0-300 m), mientras que la migración vertical de este último es estacional (Alldredge et al., 1984). El contenido de proteínas en *C.pacificus* fue más del doble que en *R. nasutus* y a esto se debe también su mayor peso corporal, aunque su talla relativa sea menor. Por lo tanto *Calanus pacificus* parece ser un alimento más nutritivo para peces e invertebrados planctófagos.

En la presente investigación el contenido de lípidos del zooplancton mixto fue alto en una estación nocturna (U2; 23.35 % peso seco). Para el resto de las estaciones fue variable, en promedio fue bajo (13.53 % peso seco y 27.70 % peso orgánico). Probablemente esto obedece a que en la temporada de muestreo había abundantes colonias de sifonóforos (Suborden Calycophorae) y ctenóforos, cuyo contenido lipídico es muy bajo (Raymont, 1983; Reinhardt y Van Vleet, 1986). Además se ha sugerido que las temperaturas altas pueden inhibir el almacenamiento de lípidos en especies tropicales epipelágicas (Lee et al., 1971), por lo cual se recurre a las proteínas como una fuente de reserva. Sin embargo, las grandes especies de copépodos herbívoros del Golfo de California son propias de zonas templadas. Aunque en el presente estudio no se determinaron los lípidos por especie, su contenido estimado por diferencia del peso seco menos proteínas y carbohidratos fue de 70 % tanto en *C.pacificus* como en *R. nasutus*. Este valor

concuera con el obtenido por otros autores para calanoides de latitudes altas y de zonas templadas, (Lee et al., 1971; Sargent y Whittle, 1981; Håkanson, 1984). Además, *C.pacificus* presenta en el Golfo el mismo comportamiento observado en la Corriente de California, al sumergirse hasta 300 ó 400 m de profundidad en estado de diapausa a finales del verano (Alldredge et al., 1984; Brinton et al., 1986), con contenidos bajos en proteínas y altos en lípidos.

Los eufáusidos también fueron abundantes, en particular las especies *N.difficilis* y *N.simplex* las cuales ya habían sido registradas como altamente abundantes en el período primavera-verano, en ambas costas del Golfo de California (Brinton y Townsed, 1980; Brinton et al., 1986), su contenido de proteínas fue variable tanto en hembras como en machos, por ejemplo hembras de *N.difficilis* capturadas en dos estaciones nocturnas sus niveles fueron de 940 $\mu\text{g ind}^{-1}$ y 1140 $\mu\text{g ind}^{-1}$; esta diferencia probablemente se relacione con su historia alimenticia. Sin embargo, los especímenes analizados fueron pocos y es difícil establecer conclusiones al respecto.

En conclusión, la distribución de la biomasa zooplanctónica fue homogénea en la región central del Golfo de California probablemente debido a la fuerte mezcla de agua proveniente del Canal de Ballenas y el efecto de los vientos del noroeste prevalecientes en esta época del año. Los copépodos calanoides *R. nasutus* y *C.pacificus* fueron los herbívoros dominantes de gran tamaño y su papel como intermediarios entre productores primarios y consumidores secundarios debe ser importante, en particular *Calanus pacificus* quien presentó la mayor cantidad de proteínas, lo que representaría un buen aporte nutricional para los eslabones tróficos inmediatos; sin embargo, se requiere de un análisis químico cuantitativo de esta especie basado en el contenidos de aminoácidos y ácidos grasos poliinsaturados, para reforzar esta afirmación.

Es deseable que en estudios futuros se efectúen determinaciones químicas de las especies dominantes del zooplancton en diferentes periodos estacionales y estratos de la columna de agua, ya que se ha observado que tanto el contenido de proteínas como el de lípidos del plancton varían estacionalmente (Jeffries, 1970) y con la profundidad (Morris y Hopkins, 1983), además de que esta región del Golfo de California y específicamente frente a Guyamas es considerada como Centros de Actividad Biológica (Arriaga Cabrera, et al., 1998).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración del personal técnico del B/O Francisco de Ulloa, al Dr. José Ruben Lara Lara, por el

fuerte apoyo por medio del proyecto "Propiedades bio-ópticas del Golfo de California" (CICESE/CONACyT), al Dr. Carlos Lechuga Devéze por la revisión y sugerencias al texto. También se contó con el apoyo financiero del Programa de cultivos marinos (CIBNOR), y a los revisores anónimos por sus acertadas observaciones.

BIBLIOGRAFIA

- ALLDREDGE, A. L., 1979. The chemical composition of macroscopic aggregates in two neretic seas. *Limnology and Oceanography* 24 (5): 855-866.
- ALLDREDGE, A. L., B. H. ROBINSON, A. FLEMINGER, J. J. TONES, J. M. KING y W. M. HAMNER, 1984. Direct sampling and *in situ* observation of a persistent copepod aggregation in the mesopalgic zone of the Santa Barbara Basin. *Marine Biology* 80: 75-81.
- Alvarez-Borrego, S. y Schwartzlose, 1979. Masas de agua del Golfo de California. *Ciencias Marinas* 6(2): 43-63.
- ARRIAGA-CABRERA, L., E. VÁZQUEZ-DOMÍNGUEZ, J. GONZÁLEZ-CANO, R. JIMÉNEZ ROSENBERG, E. MUÑOZ LÓPEZ y V. AGUILAR SIERRA (Coords), 1998. Regiones prioritarias marinas de México. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad, México. pp. 1-198.
- BADAN-DANGON, A., C. J. KOBLINSKY y T. BAUMGARTNER, 1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. *Oceanologica Acta* 8 (1): 13-22.
- BEERS, J. R., 1976. Determination of zooplankton biomass. pp.37-85. En: H. E. STEEDMAN (Comp.). Zooplankton fixation and preservation. *Monographs of oceanographic methodology* 4, UNESCO Press, Paris.
- BEN-MLIH, F. y J. C. MARTY, 1989. Les Acides gras marqueurs du potentiel nutritionnel des particules marines pour la survie des larves de poissons en Atlantique Nord. *Oceanis* 15 (4): 577-589.
- BLIGH, E. G. y J. DYER, 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 37: 911-917.
- BOURDIER, G. G. y C. A. AMBLARD, 1989. Lipids in *Acanthodiptomus denticornis* during starvation and fed on three different algae. *Journal of Plankton Research* 11 (6): 1201-1212.
- BRAY, A. N., 1988. Water mass formation in the Gulf of California. *Journal Geophysical Research* 93: 9223-9240.
- BRINTON, E. y A. W. TOWNSEND, 1980. Euphausiids in the Gulf of California.-The 1957 cruises. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports* 21: 211-236
- BRINTON, E., A. FLEMINGER y D. SIEGEL-CAUSEY, 1986. The temperate and tropical planktonic biotas of the Gulf of California. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports* 27: 228-266.
- BUSTILLOS-GUZMÁN, J. J., 1990. Biomasa protéica, de carbohidratos y clorofila de las fracciones de nanopartículas y micropartículas de la región de las Grandes Islas y Central del Golfo de California. Tesis Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN. 1-96 p.
- CONOVER, R. y M. E. HUNTLEY, 1991. Copepods in ice-covered seas, distribution, adaptations to seasonally limited food, metabolism, growth patterns and life cycle strategies in polar seas. *Journal of Marine Systems* 2: 1-40.
- DUBOIS, M., K. A. GILLES, J. K. HAMILTON, P. A. KREBES y F. SMITH, 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry* 28:350-356.
- EDERINGTON, C. M., G. B. McMANUS y H. R. HARVEY, 1995. Trophic transfer of fatty acids, steroles, and triterpenoid alcohol between bacteria, a ciliate, and the copepod *Acartia tonsa*. *Limnology and Oceanography* 40 (5):860-867.
- FAGANELI, J., M. GACIC, A. MALEJ y N. SMODLAKA, 1989. Pelagic organic matter in the Adriatic Sea in relation to winter hydrographic conditions. *Journal of Plankton Research* 11 (6): 1129-1141.
- FARFÁN, C. y S. ALVAREZ-BORREGO, 1992. Biomasa del zooplankton del Alto Golfo de California. *Ciencias Marinas* 18 (3): 17-36.
- FROST, B. W., 1972. Effects of size and concentration of food particles on the feeding behavior of the marine planktonic copepod *Calanus pacificus*. *Limnology and Oceanography* 17: 805-815.
- GAXIOLA-CASTRO, G., J. GARCÍA CORDOVA, J. E. VALDÉZ HOLGUÍN y M. BOTELLO RUVALCABA, 1995. Spatial distribution of chlorophyll *a* and primary productivity in relation to winter physical structure in the Gulf of California. *Continental Shelf Research* 15 (9): 1043-1059.
- GOSWAMI, S. C., T. S. RAO y G. P. MATONDKAR, 1981. Biochemical composition of zooplankton from the Andaman sea. *Indian Journal of Marine Sciences* 10: 296-300.
- GRAEVE, M., W. HAGEN y G. KATTNER, 1994. Herbivorous or omnivorous? On the significance of lipid compositions as trophic markers in Antarctic copepods. *Deep-Sea Research* 41 (5/6): 915-924.
- HÅKANSON, J. L., 1984. The long and short term feeding condition in field-caught *Calanus pacificus*, as determined from the lipid content. *Limnology and Oceanography* 29 (4): 795-804.
- HARVEY, H. R., 1994. Fatty acids and sterols as source markers of organic matter in sediments of the North Carolina continental slope. *Deep-Sea Research* 41 (4-6): 783-796.
- HERNÁNDEZ-LEÓN, S., 1988. Ciclo anual de la biomasa del mesozooplankton sobre una área de plataforma en aguas del Archipiélago Canario. *Investigación Pesquera* 51 (1): 3-16.

- JEFFRIES, H. P., 1970. Seasonal composition of temperate plankton communities: Fatty acids. *Limnology and Oceanography* 15 (3): 419-426.
- JIMÉNEZ-PÉREZ, L. C. y J. R. LARA-LARA, 1988. Zooplankton biomass and copepod community structure in the Gulf of California during the 1982-1983 El Niño event. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports* 29: 122-128.
- KUMARI K. L. y C. T. ACHUTHANKUTTY, 1989. Standing stock and biochemical composition of zooplankton in the northeastern Arabia Sea. *Indian Journal of Marine Sciences* 18: 103-105.
- LAVANIEGOS-ESPEJO, B. E. y J. R. LARA-LARA, 1990. Zooplankton of the Gulf of California after the 1982-1983 El Niño Event: Biomass distribution and abundance. *Pacific Science* 44 (3): 297-310.
- LEE, R. F., J. HIROTA y A. M. BARNETT, 1971. Distribution and importance of wax esters in marine copepods and other zooplankton. *Deep-Sea Research* 18: 1147-1165
- LEE, R. F. y J. HIROTA, 1973. Wax esters in tropical zooplankton and nekton and the geographical distribution of wax esters in marine copepods. *Limnology and Oceanography* 18 (2): 227-239.
- LE FÈVRE, J., 1986. Aspects of the Biology of Frontal Systems. *Advances in Marine Biology* 23: 163-299.
- LONGHURST, A. R., 1967. Diversity and trophic structure of zooplankton communities in the California Current. *Deep Sea-Research* 14: 393-408.
- LÓPEZ-CORTÉS, D. J., C. H. LECHUGA-DEVÉZE y J. J. BUSTILLOS-GUZMÁN, 1991. Influencia hidrográfica en la distribución de la materia orgánica particulada en la zona central del Golfo de California (otoño, 1987). *Revista Latino-americana de Microbiología* 33: 305-312.
- LÓPEZ-CORTÉS, D. J., C. H. LECHUGA-DEVÉZE y J. BUSTILLOS-GUZMÁN, 1992. Relationship of mesozooplankton and nanophytoplankton with temperature and salinity in Great Islands zone, Gulf of California. *Indian Journal of Marine Sciences* 21: 17-20.
- LÓPEZ-CORTÉS, D. J., J. BUSTILLOS-GUZMAN y C. H. LECHUGA-DEVÉZE, 1996. Seston distribution in the central Gulf of California in relation to winter hydrographic conditions. *Indian Journal of Marine Science* 25: 290-296
- LOWRY, O. H., N. J. ROSEBROUGH, A. L. FARR y R. J. RANDALL, 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry* 193: 265-275.
- MADHUPRATAP, M., P. VENUGOPAL y P. HARIDAS, 1979. Biochemical studies on some tropical estuarine zooplankton species. *Indian Journal of Marine Sciences* 8: 155-158.
- MANRIQUE A. F., 1977. Seasonal variation of zooplankton in the Gulf of California. *Proceedings Symposium Warm Water Zoopl. Spl. Publ. UNESCO/NIO* pp. 242-249.
- MORRIS, J. M. y T. L. HOPKINS, 1983. Biochemical composition of crustacean zooplankton from the eastern Gulf of Mexico. *Journal Experimental Marine Biology Ecology* 69: 1-19.
- MOURENTE, G., A. MEDINA, S. GONZÁLEZ y A. RODRÍGUEZ, 1994. Changes in lipid class and fatty acid contents in the ovary and midgut gland of the female fiddler crab *Uca tangeri* (Decapoda, Ocypodidae) during maturation. *Marine Biology* 121: 187-197.
- NANDAKUMAR, K., L. K. BHAT y A. B. WAGH, 1988. Biochemical composition and calorific value of zooplankton from northern part of central Arabian Sea. *Indian Journal of Marine Sciences* 17:48-50.
- OHMAN, M. D., 1988. Source of variability in measurements of copepod lipids and gut fluorescence in the California Current coastal zone. *Marine Ecology Progress Series* 42: 143-153.
- RAYMONT, G. E. J. (ed.), 1983. Plankton and productivity in the oceans. Pergamon Press USA. Vol. II, 824 p.
- REINHARDT, S. B. y E. S. VAN VLEET, 1986. Lipid composition of twenty-two species of Antarctic midwater zooplankton and fish. *Marine Biology* 91: 149-159.
- ROBLES, J. M. y S. G. MARINONE, 1987. Seasonal and interannual thermohaline variability in the Guaymas basin of the Gulf of California. *Continental Shelf Research* 7(7): 715-733.
- RODEN, I. G., 1964. Oceanographic aspects of Gulf of California. *Symposium Marine Geology of the Gulf of California, Memoir 3*: 30-58.
- SARGENT, R. J. y K. J. WHITTLE, 1981. Lipids and hydrocarbons in the marine food web. pp. 491-533. En: A. R. LONGHURST (Comp.). *Analysis of marine ecosystems*. Academic Press London.
- SHUSHKINA, E. A. y M. YE. VINOGRADOV, 1992. Vertical distribution of zooplankton in the Guaymas Basin, Gulf of California. *Marine Biology* 32 (5): 606-610.
- WALSH, J. J., J. C. KELLEY, T. E. WHITLEDGE y J. J. MAC ISAAC, 1974. Spin-up of the Baja California upwelling ecosystem. *Limnology and Oceanography* 10 (4): 553-572.
- WINBERG, G. G. (ed), 1971. Methods for the estimation of production of aquatic animals. Academic Press. U.K, 315 p.
- ZEITZSCHEL, B., 1970. The quantity, composition and distribution of suspended particulate matter in the Gulf of California. *Marine Biology* 7: 305-318.

Recibido: 6 de agosto de 1998.

Aceptado: 9 de abril de 1999.