

2 ej 4
03067

PROPORCION ISOTOPICA DEL CARBONO ORGANICO EN CAMARONES,
SEDIMENTO Y VEGETACION DE LA LAGUNA DE TERMINOS, CAMPECHE.

MARIA LUISA ANDREA RAZ-GUZMAN MACBETH

TESIS DE MAESTRIA EN CIENCIAS DEL MAR

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

UNIDAD ACADÉMICA DE LOS CICLOS PROFESIONAL Y DE POSGRADO

ESPECIALIZACION, MAESTRIA Y DOCTORADO
EN CIENCIAS DEL MAR

MAYO, 1987

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
AREA DE ESTUDIO	3
MATERIAL Y METODO	4
RESULTADOS	8
DISCUSION	23
CONCLUSIONES	36
LITERATURA CITADA	38

RESUMEN.

La materia orgánica que circula entre el ámbito biótico (macro y microfitas, así como consumidores) y el abiótico (columna de agua y sedimento) en ambientes costeros tales como lagunas y estuarios, así como la que ingresa proveniente de sistemas dulceacuícolas y marinos cercanos, puede ser caracterizada a través del $\delta^{13}C$.

La caracterización isotópica de Laguna de Terminos se llevo a cabo mediante el delta de carbono trece ($\delta^{13}C$) de la vegetación acuática, detrito, sedimento superficial y algunas especies de crustáceos, colectados en 18 localidades de la laguna, y áreas adyacentes.

A los datos obtenidos se aplico un metodo de clasificación para determinar áreas similares. La distribución del $\delta^{13}C$ se analizo en terminos del origen del carbono orgánico sedimentario, del mecanismo fotosintético utilizado por la vegetación acuática, y de su efecto sobre los consumidores.

A partir del $\delta^{13}C$ de la vegetación acuática, detrito y sedimento, la laguna se dividió en dos áreas isotópicamente diferentes. Una predominantemente marina al norte-noreste de la laguna (Area 1) se caracterizo por un valor promedio de $\delta^{13}C$ de -15.5 ‰. La otra que abarco el resto del sistema, la Laguna San Francisco, y los rios Chumpan y Candelaria (Area 2) registro un promedio de -20.3 ‰.

La caracterización isotópica del Area 1 indica que la materia orgánica asociada a las praderas de vegetación acuática constituye la fuente del carbono orgánico. En contraste, en el Area 2 los valores de $\delta^{13}C$ tienden a disminuir hacia los rios, lo cual refleja la influencia del carbono orgánico de origen terrestre sobre la materia orgánica depositada en dicha area.

La vegetación acuática de Laguna de Terminos registro un $\delta^{13}C$ de -11.6 a -18.7 ‰, en el Area 1 y de -20.3 a -27.6 ‰, en el Area 2 (con excepción de *I. fastidium*). Dichos valores son característicos de vegetación que fotosintetiza mediante el mecanismo C4 en el primer caso, y C3 en el segundo.

Los especimenes colectados en Laguna de Terminos registraron un amplio intervalo de valores de $\delta^{13}C$ de -7.2 a -24.2 ‰, lo cual indica que aprovechan fuentes de carbono orgánico de muy diversa naturaleza isotópica.

INTRODUCCION.

Las fuentes de carbono de los productores primarios son el CO₂ atmosférico y el HCO³⁻. Los isótopos más abundantes del carbono, el ¹³C y ¹²C, se encuentran en una proporción estable característica, la cual varía en los diferentes grupos de vegetación en función del mecanismo fotosintético que se utiliza, y en los consumidores a lo largo de la red trófica en función del metabolismo y la presencia de fuentes diversas de carbono orgánico alimentario.

La variación de la abundancia relativa del ¹³C y ¹²C ha sido utilizada, mediante la proporción isotópica estable (¹³C/¹²C o δ¹³C), como herramienta en investigaciones sobre los ciclos geoquímicos y bioquímicos de los elementos, el origen del petróleo y de la materia orgánica sedimentaria en ambientes marinos y estuarinos, la contaminación orgánica, la fisiología vegetal, los hábitos alimenticios de los organismos en ecosistemas naturales, y las redes tróficas de ambientes acuáticos (Botello y Macko, 1982; Fry y Sherr, 1984).

Entre los estudios que se han realizado sobre el sedimento superficial de diversos ambientes costeros se ha establecido que existe un gradiente de δ¹³C de valores más negativos (-25.0 a -27.5 ‰) en aquellas áreas que reciben aportes de carbono orgánico de origen terrestre, a valores menos negativos (-21.0 a -22.8 ‰) en ambientes estuarinos con influencia marina (Shultz y Calder, 1976; Rashid y Reinson, 1979; Tan y Strain, 1979; Botello, et al, 1980; Botello y Macko, 1982; Fry y Sherr, 1984).

El δ¹³C ha sido también registrado para una gran variedad de especies vegetales entre las cuales se encuentran las que fotosintetizan mediante el mecanismo de ciclo C₄ (Hatch-Slack), las cuales se caracterizan por valores de -3.0 a -19.0 ‰, y las que utilizan el mecanismo fotosintético de ciclo C₃ (Calvin) que presentan un δ¹³C de -23.0 a -34.3 ‰. (Smith y Epstein, 1971; McMillan, et al, 1980).

Haines (1976) y Hackney y Haines (1980) registraron una relación lineal entre la proporción isotópica de los productores primarios, y aquella del sedimento y consumidores en marismas y estuarios de GUA. Fry, et al (1977), Fry y Parker (1979), Haines y Montague (1979), Fry (1984), y Kitting, et al (1984) efectuaron estudios sobre hábitos alimenticios de consumidores estuarinos, y las fuentes de materia orgánica planctónica, de pastos marinos, y de epifitas, importantes para las redes tróficas estuarinas y marinas.

La mayoría de los estudios isotópicos del carbono orgánico se han realizado sobre sedimento y organismos de sistemas costeros, entre los cuales se encuentran los litorales y bahías, las lagunas costeras y los estuarios, y las marismas, manglares y praderas de pastos marinos. Entre este tipo de ambientes se encuentra la Laguna de Terminos, la cual es uno de los tres sistemas estuarinos de mayor extensión en el suroeste del Golfo de México (Sanchez y Soto, 1987). Dicha laguna es importante ya que proporciona un habitat propicio para el desarrollo de algunas especies marinas de interés económico, tales como los camarones peneidos que requieren de condiciones estuarinas durante las primeras etapas de su ciclo biológico.

La laguna ha sido caracterizada anteriormente en función del $\delta^{13}C$ del sedimento (Botello y Soto, 1981). Sin embargo, el $\delta^{13}C$ del detrito, de la vegetación acuática y de los crustáceos no ha sido determinado hasta la fecha. Esta investigación complementa el estudio anterior al comprender los elementos florísticos y faunísticos predominantes, y considerar las fuentes del carbono orgánico que juega un papel importante en la dinámica del sistema.

Dada la diversidad de características fisiográficas, la laguna recibe los aportes de agua y materiales de origen terrestre acarreados por los ríos, y los marinos que penetran a la misma por las Bocas del Carmen y de Puerto Real, así como la materia orgánica derivada de las praderas de Thalassia testudinum Banks ex König, Halodule wrightii Aschers. y diversas algas. Dichos aportes determinan la distribución de las características hidrologicas, sedimentarias e isotópicas en la laguna y áreas adyacentes. Estas características fueron analizadas con el objeto de determinar las fuentes naturales de los aportes de carbono orgánico que llegan a la Laguna de Terminos, y la distribución de este dentro de la misma, así como para sugerir algunas implicaciones ecológicas a partir de los valores de $\delta^{13}C$ de la vegetación acuática, detrito, sedimento superficial, zooplancton, crustáceos decápodos y anfípodos.

Por otra parte, esta investigación establece la información isotópica básica del ambiente de Laguna de Terminos, a partir de la cual es posible, a través de alteraciones en los registros del $\delta^{13}C$, determinar cambios en las fuentes de carbono orgánico que ingresan al sistema, como podría ser de biogénicas a antropogénicas, lo cual indicaría un estado de contaminación.

AREA DE ESTUDIO.

La Laguna de Terminos, Campeche, se localiza entre los $91^{\circ} 15'$ y $91^{\circ} 51'$ long W y entre los $18^{\circ} 27'$ y $18^{\circ} 50'$ lat N, con

una longitud de 72 Km, y un ancho de 28 Km (Cruz-Orozco, 1980). Se encuentra separada del Golfo de México por la Isla del Carmen, y se comunica con el mismo por la Boca de Puerto Real al noreste y por la Boca del Carmen al noroeste. Su profundidad promedio es de 3 a 4 m. Los ríos principales que desembocan a la laguna son el Palizada, el Chumpan, y el Candelaria. El Río Palizada es un tributario del sistema Grijalva-Usumacinta, el cual drena suelos lateríticos y aporta materiales terrígenos de textura limo-arcillosa a Laguna de Términos, a través de Laguna del Vapor y Laguna San Francisco. Hacia el este del Río Palizada los sedimentos son claros y las cuencas de los ríos Chumpan y Candelaria son predominantemente calcáreas (Cruz-Orozco, 1980) (Fig. 1).

El régimen de precipitación en el área registra una época de lluvias de junio a septiembre, una de "nortes" de octubre a enero, y una seca de febrero a mayo.

La vegetación circundante de la laguna se compone principalmente por manglar y palmar, mientras que en la vegetación sumergida predominan los pastos Thalassia testudinum, Halodule wrightii y Syringodium filiforme Kütz., las algas rodfitas Gracilaria sp., Hydrocolea sp., y Acantophora sp., la clorofita Caulerpa sp., y la feofita Bicyclops sp. (com. pers. C. Candelaria).

La información detallada sobre aspectos hidrológicos, geológicos y biológicos de la laguna ha sido descrita, entre otros, por Yáñez (1963), Phleger y Ayala-Castañares (1971), Yáñez-Correa (1971), Signoret (1974), Grivel-Pina y Arce (1975), Vazquez-Dotello (1978), Caso (1979), Iborra (1979), Cruz-Orozco (1980), Arenas y Yáñez-Martínez (1981), Dressler (1981), García-Cubas (1981), Graham, et al (1981), Sánchez (1981), Day, et al (1982), Yáñez-Arancibia y Day (1982), Escobar (1984), Alvarez (1984), Alvarez Guillén, et al (1985), Aguilar (1985), y Raz-Guzmán, et al (1986).

MATERIAL Y METODO.

Los muestreos se llevaron a cabo durante los meses de marzo (estiaje), agosto (lluvias), y noviembre (nortes) de 1984, con el objeto de registrar la variación estacional en los valores de DISC de las muestras.

Las localidades de muestreo se seleccionaron tomando en cuenta las características ambientales de la laguna, con el objeto de obtener sedimento y detrito de origen terrestre y marino, así como una variedad de crustáceos y de vegetación acuática. Las colectas de zooplácton se efectuaron con el propósito de obtener el carbono orgánico de origen marino que ingresa a la laguna por las bocas que la comunican con el mar. Se seleccionaron 18 localidades que abarcaron los

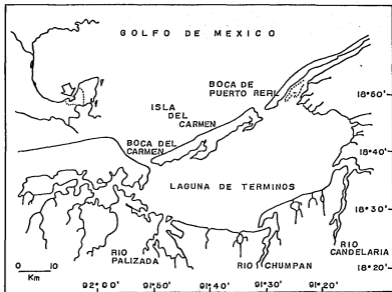


Figura 1. Laguna de Términos, Campeche.

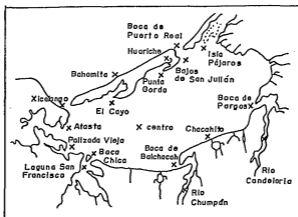


Figura 2. Toponimia y localidades de muestreo. (X)

principales sistemas fluviales que desembocan en la laguna y sus bocas, los laterales lagunares, el centro de la laguna, las Bocas del Carmen y de Puerto Real, y el margen externo de la Isla del Carmen (Fig. 2).

En cada localidad de muestreo se registro la temperatura y salinidad del agua superficial. Se colectaron muestras de sedimento superficial utilizando una draga Van Veen de 3 l. Se seleccionaron para el analisis isotopico las especies de mayor densidad de la vegetacion acuatica (*V. tustudinum*, *H. wrightii*, rodofitas y *Diclyota* sp.), y de los crustaceos decapodos (*Penaeus setiferus*, *P. duorarum*, *Xiphopenaeus kroyeri*, *Callinectes sapidus*, *Neopanope texana*), asi como los paleomonidos, hipolitidos y anfipodos de la epifauna que se colectaron en grandes cantidades, de manera que fuera posible llevar a cabo el analisis. El numero de individuos de cada especie que se utilizo para el analisis se baso en la talla y/o peso, segun el caso. Los artes de pesca utilizando fueron los siguientes: red de barra tipo Renfro de 1.8 x 0.7 m. de boca y 0.8 mm. de abertura de malla (Renfro, 1962), y red de prueba camaronesa de 5 m. de boca, 10 m. de longitud, y 13 mm. de abertura de malla. El zooplancton se colecto con una red de plancton de 0.5 m de diametro, 1.5 m de longitud y 450 micras de abertura de malla, y el detrito (principalmente derivado de vegetacion terrestre y acuatica) con una red de barra tipo Renfro.

El material colectado se preservó en hielo hasta su procesamiento. Las muestras se secaron, se trituraron y se tamizaron a traves de una abertura de malla de 0.25 mm. En organismos grandes solamente se utilizo el tejido muscular. Para eliminar los carbonatos se adiciono HCl al 10%. Se analizo la proporcion $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, denominada delta de carbono trece ($\delta^{13}\text{C}$), por espectrometria de masas, siguiendo el metodo de combustion en tubos sellados de acuerdo con la tecnica propuesta por Boutton, et al (1983). Los valores del isotopo estable del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) se definen como una diferencia en partes por mil (‰) entre una muestra y un material de referencia standard (Fry y Sherr, 1984):

$$\delta^{13}\text{C} (\text{‰}) = \frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C} \text{ muestra} - ^{13}\text{C}/^{12}\text{C} \text{ standard}}{^{13}\text{C}/^{12}\text{C} \text{ standard}} \times 1000$$

El standard interno o patron de trabajo que se utilizo (gas CO_2) tiene un valor de -41.500‰ con respecto al standard calcareo PDB (belemnita fosil *Bolcaenitella americana*, de la formacion PeeDee de Carolina del Sur, EUA) de la Universidad de Chicago (Faure, 1977).

Adicionalmente a la determinacion del $\delta^{13}\text{C}$ en los sedimentos, se analizo la textura a tres fracciones: grava ($>2 \text{ mm}$), arena (0.0625 a 2 mm) y limo-arcilla ($<0.0625 \text{ mm}$) (Shackley, 1975), y se evaluo el porcentaje de materia

organica total (Dean, 1974) y de carbonatos (Shackley, 1975).

Los crustaceos decapodos fueron identificados con base en las características taxonomicas propuestas por Rathbun (1930), Perez-Farfante (1969, 1970a, 1970b), Chace (1972), y Williams (1965, 1984). Las algas fueron identificadas por el personal del Laboratorio de Ficologia de la Facultad de Ciencias, UNAM, de acuerdo con la clave de Abbott y Dawson (1978).

Para el analisis y discusion de los resultados obtenidos, se eligieron las pruebas estadisticas apropiadas que a continuacion se detallan.

La variacion isotopica determinada por el espectrometro de masas de los valores de $\delta^{13}C$ de cada muestra fue aproximadamente de $\pm 0.2\%$. Los valores de $\delta^{13}C$ de los tres meses de cada variable y especie analizada isotopicamente se sometieron a la prueba de U de Mann-Whitney (Zar, 1974) y resultaron significativamente similares. Por esta razon, todas las variables fueron analizadas en funcion del promedio de los valores de los tres meses. La relacion entre variables se determino mediante correlaciones lineales (Zar, 1974).

Las caracteristicas del sedimento (grava, arena, limo-arcilla, materia organica total, carbonatos y $\delta^{13}C$) y los valores de $\delta^{13}C$ de la vegetacion acuatica y del detrito fueron analizados con el fin de determinar conglomerados de localidades similares en la laguna. Esto se llevo a cabo mediante el metodo numerico de clasificacion de la tecnica descriptiva del analisis multivariado de conglomerados (Jeffers, 1978), por medio del Programa de Analisis de Cumulos de Espinosa, et al (1978). Se utilizo el coeficiente de asociacion de Gower, y se aplico el metodo jerarquico promedial denominado "mean link" a la matriz de correlacion calculada entre pares de variables (Espinosa y Lopez, 1986). Dicho analisis fue elegido ya que los metodos promediales son los mas adecuados para estudios de naturaleza ecologica, y que emplean distancias inter-conglomerado que representan mejor el agrupamiento, que aquellas distancias utilizadas por otros metodos (Pielou, 1984). Las variables que influyeron por su similitud en el agrupamiento de localidades se obtuvieron por medio de la instruccion denominada 'histograma' del programa de analisis de cumulos.

RESULTADOS.

Los promedios de las variables analizadas en Laguna de Terminos se presentan en las Tablas I y II, y la distribución de los valores de $\delta^{13}C$ de las variables que se analizaron isotópicamente se encuentra en la Tabla III.

Parámetros ambientales.

La temperatura del agua superficial presentó un intervalo de variación pequeño en la mayor parte de las localidades (28 a 30 °C), con la excepción del valor máximo registrado en Bahamita (31°C), y el mínimo en Huariche (26°C) (Fig. 3).

Los valores de la salinidad se relacionaron directamente con los aportes de agua de los ríos y de la Boca de Puerto Real a la laguna. En Boca Chica, Laguna San Francisco, el Río Chumpan y el Río Candelaria se registraron salinidades principalmente oligohalinas (1.3 a 9.7 ‰). Un intervalo de valores principalmente mesohalino (15.3 a 19.3 ‰) caracterizó las localidades de Xicalango, Atasta, Palizada Vieja, Boca de Balchacah, Chacahilo y Boca de Pargos, a lo largo del litoral oeste-suroeste-sur de la laguna. Salinidades polihalinas-euhalinas (24.0 a 34.0 ‰) correspondieron a las localidades de Bahamita y el centro, y las de El Cayo, Punta Gorda, Bajos de San Julian, Boca de Puerto Real, Huariche e Isla Pajaros, al norte-noreste de la laguna (Fig. 4).

En el análisis textural del sedimento se registraron los máximos porcentajes de grava en Boca de Puerto Real (51.8 %) y en el Río Chumpan (33.6 %), mientras que en el resto de la laguna, a excepción de Xicalango, Boca de Balchacah, el centro y Boca de Pargos, las gravas representaron un porcentaje menor al 8 % (Fig. 5).

El mayor contenido de arena se observó en Bahamita (98.9 %); esta localidad y las de El Cayo, Punta Gorda, Bajos de San Julian, y los ríos Chumpan y Candelaria presentaron sedimentos predominantemente arenosos. El menor porcentaje de arena fue el de Palizada Vieja de 0.4 % (Fig. 6).

Los sedimentos limo-arcillosos se encontraron en la mayor parte de la laguna. Las máximas concentraciones se registraron en Atasta, Palizada Vieja y Boca Chica (82.5, 99.6 y 78.9 % respectivamente), y las mínimas en Bahamita (0.8 %) y en Boca de Puerto Real (1.3 %) (Fig. 7).

Los porcentajes de materia orgánica total en los sedimentos fluctuaron entre 10.0 y 20.0 %, con excepción de los valores mínimos de Bahamita (2.0 %) y del Río Chumpan (4.5 %), y el máximo del centro de la laguna (24.4 %). Este último valor se relaciona directamente con el encuentro de las ondas de

TABLA I.

Promedio de las variables del agua y del sedimento de cada localidad de Laguna de Términos, Campeche. Clave de los símbolos: T°C = temperatura superficial del agua (°C), SZ. = salinidad (%), GR = grava (%), AR = arena (%), L-A = limo-arcilla (%), MOT = materia orgánica total (%), CO*3 = carbonatos (%).

localidad	T°C	SZ.	GR	AR	L-A	MOT	CO*3
El Cayo	28.7	30.3	8.0	66.3	25.7	13.3	44.8
Bajos S. Julián	28.0	30.7	4.6	60.6	34.9	12.6	59.5
Isla Pájaros	29.0	26.3	2.7	27.5	69.8	20.0	65.9
Punta Gorda	28.7	29.7	2.2	78.4	19.3	12.5	45.1
Boca Pto. Real	29.0	33.0	51.8	46.9	1.3	10.7	54.0
Huariche	26.0	24.0	0.6	32.8	66.6	16.8	69.6
Boca de Pargos	30.0	17.0	19.6	39.8	40.5	16.7	57.6
Bahamita	31.0	34.0	0.3	98.9	0.8	2.0	36.2
Boca Balchacah	28.3	17.3	22.4	24.5	53.1	12.4	22.3
Xicalango	28.0	19.3	14.7	49.8	35.5	11.4	36.2
Boca Chica	29.0	9.7	0.9	20.2	78.9	13.7	19.7
centro	29.5	28.0	17.4	20.7	61.8	24.4	60.2
Chacahito	28.7	19.3	4.9	36.6	58.5	10.0	16.4
Atasta	28.7	15.3	4.6	13.0	82.5	17.8	32.9
Lag S. Francisco	28.3	1.3	0.2	40.5	59.3	11.1	17.3
Palizada Vieja	29.0	16.0	0.0	0.4	99.6	18.2	33.1
Río Chumpán	28.7	5.0	33.6	56.1	40.3	4.5	3.8
Río Candelaria	28.7	2.7	5.1	59.1	35.8	15.0	40.0

TABLA II.

Promedio del $\delta^{13}C$ de la vegetación acuática, detrito, sedimento y animales de Laguna de Términos, Campeche. La clave de los símbolos se presenta al final de la tabla.

localidad	dTh	dHal	drod	dDiet	ddetr	dsect
El Cayo	-13.5	---	---	---	---	-14.6
Bajos de San Julián	-13.8	-17.0	---	-16.8	-16.9	-16.2
Isla Pájaros	-12.0	-15.2	---	---	---	-16.3
Punta Gorda	-14.1	-16.5	---	-18.7	---	-17.0
Boca de Puerto Real	-12.4	---	---	---	---	-18.2
Huariche	---	---	---	---	---	-19.0
Boca de Pargos	---	-26.4	-23.8	---	---	-21.8
Bahamita	-11.6	---	-17.2	---	---	-22.0
Boca de Balchacah	---	---	-24.2	---	---	-22.2
Xicalango	-12.4	---	---	---	---	-22.7
Boca Chica	---	---	-25.2	---	-26.2	-22.9
centro	---	---	-27.1	---	---	-22.9
Chacahito	-15.9	---	-23.3	---	---	-22.9
Atasta	---	-23.6	---	---	-25.7	-24.2
Laguna San Francisco	---	---	---	---	-27.7	-24.3
Palizada Vieja	---	---	---	---	---	-24.5
Rio Chumpán	-13.2	---	---	---	-26.6	-25.4
Rio Candelaria	---	-27.6	---	---	---	-28.2

cont. TABLA II.

dpalem	dhipol	danfip
-13.2	-12.4	-13.1
-15.3	---	---
---	-10.0	-17.2
---	-16.2	---
---	---	---
---	---	---
---	---	---
---	---	---
---	---	---
---	---	---
-17.8	---	---
---	---	---
---	---	---
---	---	---
---	---	---

Clave de los símbolos

dTh	d13C de <u>T. testudinum</u>
dHal	d13C de <u>H. wrightii</u>
dRodof	d13C de las rodofitas
dDict	d13C de <u>Dictyota sp.</u>
dDetr	d13C del detrito
dSed	d13C del sedimento
dZoopl	d13C del zooplancton
dPset	d13C de <u>P. setiferus</u> (grandes)
dPsetJ	d13C de <u>P. setiferus</u> (pequeños)
dPduoJ	d13C de <u>P. duorarum</u> (juvenil)
dXlr	d13C de <u>X. broyeri</u>
dCsap	d13C de <u>C. sapidus</u>
dCsapJ	d13C de <u>C. sapidus</u> (juvenil)
dNtex	d13C de <u>N. texana</u>
dpalem	d13C de los palemonidos
dhipol	d13C de los hipolitidos
danfip	d13C de los anfipodos

TABLA III.

Distribución del $\delta^{13}C$ de la vegetación acuática, detrito, sedimento y animales de Laguna de Términos, Campeche. Clave de los símbolos: (g) = grandes, (p) = pequeños, juv. = juveniles.

$\delta^{13}C$	-30	-25	-20	-15	-10	-5
<u>T. testudinum</u>						
<u>H. wrightii</u>						
rodofitas						
<u>Dictyota</u> sp.						
detrito						
sedimento						
zooplancton						
<u>P. setiferus</u> (g)						
<u>P. setiferus</u> (p)						
<u>P. duorarum</u> juv.						
<u>V. kroveri</u>						
<u>C. rapidus</u>						
<u>C. saepidus</u> juv.						
<u>N. texana</u>						
palemonidos						
hipolitidos						
anfipodos						

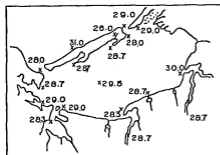


Figura 3. Temperatura (°C).

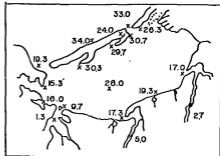


Figura 4. Salinidad (‰).

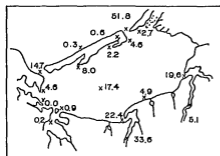


Figura 5. Porcentaje de grava.

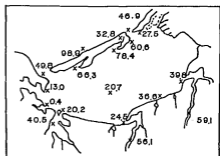


Figura 6. Porcentaje de arena.

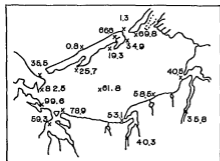


Figura 7. Porcentaje de limo-arcilla.

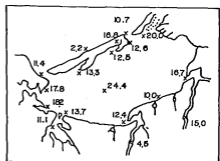


Figura 8. Porcentaje de materia orgánica total.

marea que penetran a la laguna por las Bocas del Carmen y de Puerto Real (Fig. 8).

A partir del porcentaje de carbonatos en los sedimentos se delimitaron cuatro grupos de localidades directamente relacionados con los aportes de los mismos a la laguna. En el Rio Chumpan se registro el valor minimo de 3.8 %. En Boca Chica, Laguna San Francisco, Boca de Balchacah y Chacahito, a lo largo del litoral suroeste-sur de la laguna, se encontraron porcentajes de carbonatos de 16.4 a 22.3 %. Una tercera zona constituida por Bahamita, Xicalango, El Cayo, Punta Gorda, Atasta, Palizada Vieja, y el Rio Candelaria mostro valores de 32.9 a 45.1 %. Los valores minimos de 54.0 a 69.6 % se observaron en el centro, Bajos de San Julian, Boca de Puerto Real, Huariche, Isla Pajaros y Boca de Pargos (Fig. 9).

Vegetacion, detrito y sedimento.

Las praderas de Thalassia testudinum se encontraron alrededor de la Isla del Carmen y a lo largo del litoral sur de la laguna. Esta especie tambien fue colectada en el Rio Chumpan. Sus valores de d13C fluctuaron entre -11.6 y -15.9 % (Fig. 10).

Halodule wrightii se colecto en dos zonas de la laguna. En Punta Gorda, Bajos de San Julian e Isla Pajaros se caracterizo por valores de d13C de -15.2 a -17.0 %, mientras que en Atasta, Boca de Pargos y el Rio Candelaria el d13C vario entre -23.6 y -27.6 % (Fig. 11).

Las rodofitas, principalmente los generos Gracilaria e Hypnea, se encontraron en las localidades de Bahamita, el centro, Boca Chica, Boca de Balchacah, Chacahito y Boca de Pargos. Las algas colectadas dentro de la laguna presentaron valores de d13C de -23.3 a -27.1 %, mientras que las de Bahamita registraron un valor de -17.2 % (Fig. 12).

La feofita Dictyota sp. se colecto solamente en Punta Gorda y Bajos de San Julian, y se caracterizo por valores de d13C de -18.7 y -16.8 % respectivamente (Fig. 13).

El d13C del detrito se agrupo en dos intervalos de valores. En los Bajos de San Julian el d13C fue de -16.9 %, mientras que en Atasta, Boca Chica, Laguna San Francisco y el Rio Chumpan el d13C fue de -25.7 a -27.7 % (Fig. 14).

El d13C de los sedimentos dividio a la laguna en cuatro zonas como se aprecia graficamente en la Tabla IV. En contraste con la agrupacion de localidades determinada por los carbonatos, el valor mas alto negativamente (-28.2 %) se registro en el Rio Candelaria. En Atasta, Laguna San Francisco, Palizada Vieja y el Rio Chumpan los valores

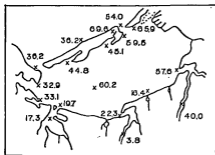


Figura 9. Porcentaje de carbonatos.

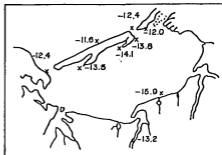


Figura 10. $\delta^{13}\text{C}$ de *T. testudinum* (‰).

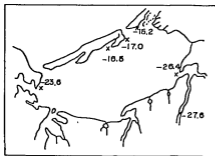


Figura 11. $\delta^{13}\text{C}$ de *H. wrightii* (‰).

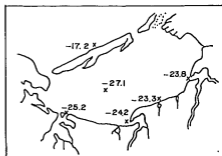


Figura 12. $\delta^{13}\text{C}$ de las rodofitas (‰).

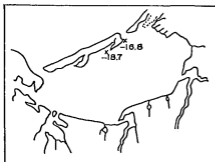


Figura 13. $\delta^{13}\text{C}$ de *Dictyota* sp. (‰).

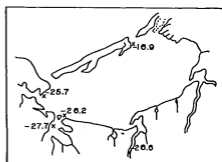


Figura 14. $\delta^{13}\text{C}$ del detrito (‰).

TABLA IV.

δ13C del sedimento de las localidades de muestreo de Laguna de Términos, Campeche.

δ13C	-30	-25	-20	-15	-10	- 5
El Cayo					X	
B. de S. Julián				X		
Isla Pájaros				X		
Punta Gorda				X		
B. de Puerto Real				X		
Huariche				X		
Boca de Pargos			X			
Bahanita			X			
Boca de Balchacah			X			
Xicalango		X				
Boca Chica		X				
centro		X				
Chacahito		X				
Atasta		X				
Lag. S. Francisco		X				
Palizada Vieja		X				
Río Chumpán		X				
Río Candelaria	X					

fueron de -24.2 a -25.4 %. El tercer grupo incluyo Bahamita, Xicalango, el centro, Boca Chica, Boca de Balchacah, Chacahito y Boca de Pargos con -21.8 a -22.9 %. El cuarto delimito a El Cayo, Punta Gorda, Bajos de San Julian, Boca de Puerto Real, Huariche e Isla Pajaros con -14.6 a -19.0 %. (Fig. 15).

Zooplankton, crustaceos decapodos y anfipodos.

Las muestras de zooplankton se colectaron en Xicalango, Boca de Puerto Real y Punta Gorda. El d13C en las dos primeras localidades fue de -21.7 y -24.2 %, respectivamente, mientras que en la tercera fue de -18.2 %. (Fig. 16).

El camarón blanco (Penaeus setiferus) en su fase de juveniles grandes (70-100 mm LT) fue colectado en Xicalango, Atasta y Boca Chica, y registro un d13C de -21.9 a -24.2 %. El de los juveniles pequeños (30-40 mm LT) disminuyo desde -8.9 % en Bajos de San Julian, hasta -15.3 % en Boca de Pargos, y -22.5 % en Boca Chica (Fig. 17).

El d13C observado en la fase juvenil del camarón rosado (Penaeus duorarum) fue de -9.2 a -14.1 %, en El Cayo, Punta Gorda e Isla Pajaros, y de -19.1 y -16.5 % en Boca de Pargos y Chacahito respectivamente (Fig. 18).

El camarón siete barbas (Xiphopenaeus kroyeri) se distribuyo en Bahamita y Xicalango con un d13C de -16.0 y -19.0 %, y en Atasta y Boca Chica con valores de -21.8 y -22.6 %, respectivamente (Fig. 19).

Los adultos y juveniles de la jaiba azul (Callinectes sapidus) colectados en El Cayo registraron valores de d13C de -9.3 y -9.0 %, mientras que los de Isla Pajaros fueron de -8.0 y -6.4 %, respectivamente (Fig. 20).

Los xantidos de la especie Neopanope texana de El Cayo, Punta Gorda, Boca de Pargos y Chacahito mostraron un d13C de -9.8 a -19.5 %, y los colectados en Boca de Balchacah de -22.7 %. (Fig. 21).

Los palemonidos presentaron un d13C de -13.2 % en El Cayo, -15.3 % en Bajos de San Julian y -17.8 % en Chacahito, el d13C de los hipolitidos fue de -12.4 % en El Cayo, -16.2 % en Punta Gorda y -10.0 % en Isla Pajaros, y el de los anfipodos fue de -13.1 % en El Cayo y -17.2 % en Isla Pajaros (Fig. 22).

La mayor parte de los valores de d13C de la vegetación acuática, detrito y sedimento mostraron tanto una semejanza entre las diferentes muestras colectadas en una misma localidad, como entre localidades cercanas (Tabla II).

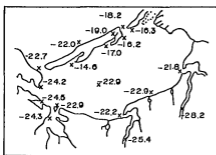


Figura 15. $\delta^{13}C$ del sedimento (‰).

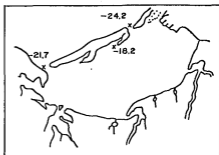


Figura 16. $\delta^{13}C$ del zooplancton (‰).

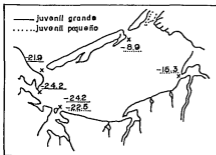


Figura 17. $\delta^{13}C$ de *P. sotiferus* (‰).

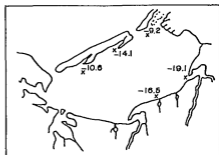


Figura 18. $\delta^{13}C$ de *R. guororum* juvenil (‰).

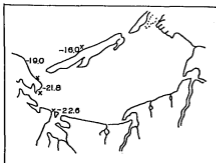


Figura 19. $\delta^{13}C$ de *X. kroyeri* (‰).

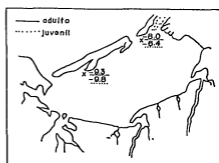


Figura 20. $\delta^{13}C$ de *C. sapidus* (‰).

Análisis de conglomerados.

La similitud entre localidades que se aprecia en primera instancia a partir de las características ambientales arriba descritas, fue corroborada por medio del análisis de conglomerados que se efectuó con las variables texturales (grava, arena y limo-arcilla), y composicionales (materia orgánica total, carbonatos y d13C) del sedimento, así como con los valores de d13C de la vegetación acuática y del detrito (Fig. 23).

Dos agrupaciones de localidades se diferenciaron en la laguna, a un nivel de significancia de 0.640 (Fig. 23). Las variables del sedimento que ejercieron una mayor influencia en la agrupación fueron los sedimentos limo-arcillosos, el contenido de materia orgánica total y de carbonatos, y el d13C del sedimento.

La primera agrupación, Área 1, fue formada por las localidades de El Cayo, Punta Gorda, Bajos de San Julian, Isla Pajaros, Huariche, y Boca de Puerto Real al norte-noreste de la laguna, y se caracterizó por aguas polihalinas-euhalinas (24 a 33 ‰). Dada la heterogeneidad de la textura del sedimento, esta zona quedó dividida en tres subgrupos: 1.- El Cayo, Punta Gorda y Bajos de San Julian (Fig. 23) se definieron por sedimentos arenosos (60.6 a 78.4 %) y carbonatos (44.8 a 59.5 %). 2.- Isla Pajaros y Huariche (Fig. 23) presentaron sedimentos limo-arcillosos (66.6 a 69.8 %), con un alto contenido de materia orgánica (16.8 a 20.0 %) y de carbonatos (65.9 a 69.6 %). Y 3.- En la Boca de Puerto Real (Fig. 23) predominaron las arenas (46.9 %), las gravas (51.8 %) y los carbonatos (54.0 %) en el sedimento. La relación entre el porcentaje de arena y el contenido de materia orgánica total fue lineal e inversa ($r = -0.7$; $P = 0.052$), y entre el porcentaje de limo-arcilla y la materia orgánica total, altamente significativa y directa ($r = 0.9$; $P = 0.002$). En el Área 1 los valores de d13C de la vegetación acuática, detrito y sedimento variaron entre -12.0 y -19.0 ‰ ($\delta = -15.5$ ‰), y fueron los menos negativos de la laguna.

La segunda agrupación, Área 2, estuvo representada por las demás localidades al suroeste, sur, suroeste, oeste y centro de la laguna (Fig. 23), con una variedad de valores de salinidad desde 1.3 hasta 28.0 ‰, resultado de los aportes de agua dulce y marina que llegan a la laguna. Dentro de esta agrupación el patrón de características ambientales fue heterogéneo. A pesar de dicha heterogeneidad, los sedimentos fueron en su mayor parte de textura limo-arcillosa (35.5 a 99.9 %). El contenido de materia orgánica fue en general alto (10.0 a 18.2 %), con un máximo (24.4 %) en el centro de la laguna y un mínimo (4.5 %) en el Río Chumpan. Los sedimentos de esta área fueron en su mayoría terrígenos, con porcentajes bajos de carbonatos entre 16.4 y 36.2 %, con un

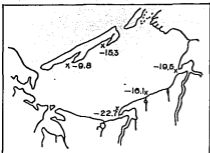


Figura 21. $\delta^{13}C$ de *N. texana* (%‰).

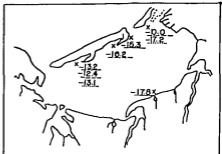


Figura 22. $\delta^{13}C$ de los paleomonidos (—), hippididos (---) y anfipodos (----) (%‰).

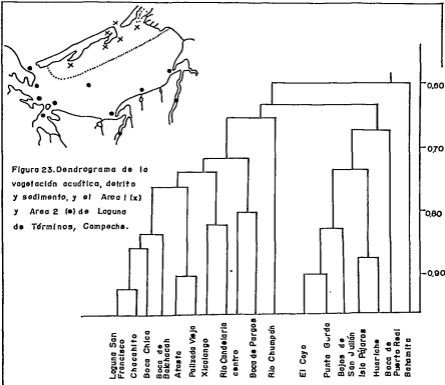


Figura 23. Dendrograma de la vegetación acuática, detrito y sedimento, y el Area 1 (x) y Area 2 (•) de Laguna de Términos, Campeche.

maximo (60.2 %) en el centro de la laguna y un minimo (3.8 %) en el Rio Chumpan. No se observo ninguna relacion entre el contenido de materia organica total y la textura del sedimento. Sin embargo, la materia organica total se relaciona de forma directa y altamente significativa con el contenido de carbonatos ($r=0.8$; $P=0.001$), y el d13C del sedimento se relaciona de forma directa con la salinidad ($r=0.7$; $P=0.012$), y con el d13C del detrito ($r=1.0$; $P=0.003$). En el Area 2 los valores de d13C de la vegetacion acuatica, detrito y sedimento fueron los mas negativos de la laguna y fluctuaron entre -12.4 y -28.2 ‰. ($\bar{x} = -20.3$ ‰).

La localidad de Bahamita quedo fuera de estas agrupaciones debido a que mostro valores extremos en la mayor parte de las variables (0.3 % de grava, 98.9 % de arena, 0.8 % de limo-arcilla, 2.0 % de materia organica, y valores de d13C desde -11.6 ‰ para *T. testudinum*, hasta -22.0 ‰ para el sedimento).

A partir de la informacion de las 18 localidades de muestreo analizada mediante correlaciones lineales, se obtuvieron las siguientes relaciones significativas: una relacion lineal directa entre la materia organica total y el contenido de carbonatos ($r=0.6$; $P=0.008$); una entre la salinidad y el d13C del sedimento ($r=0.8$; $P=0.001$) la cual refleja el efecto del aporte de materiales y agua dulce por los rios y de agua marina por las Bocas del Carmen y de Puerto Real, asi como el de la circulacion del agua dentro de la laguna sobre la distribucion de caracteristicas del agua y del sedimento; y una entre el contenido de carbonatos y el d13C del sedimento ($r=0.6$; $P=0.005$) la cual depende del enriquecimiento en 13C en los carbonatos del sedimento, tal como Faure (1977) ha mencionado anteriormente.

DISCUSION.

Parametros ambientales.

La informacion obtenida en la presente investigacion indica que durante el periodo de muestreo la temperatura del agua superficial fue por lo general homogénea a través de la laguna. Los registros difieren poco de los de Yáñez (1963), Vazquez-Botello (1978) y Day, et al (1982). La distribución de los valores de salinidad se relaciona con los aportes de agua dulce de los ríos Palizada, Chumpan y Candelaria, y de agua marina de las Bocas del Carmen y de Puerto Real, y establece un gradiente de noreste a suroeste-este dentro de la laguna, tal como ha sido descrito anteriormente por Yáñez-Correa (1971) y Carreno (1982).

Los sedimentos son predominantemente limo-arcillosos al suroeste-este de la laguna, y se relacionan con los lodos terrigenos ricos en materia organica que son acarreados por el sistema fluvial del Río Palizada. En el río Candelaria y a lo largo del margen interno y externo de la Isla del Carmen, se registraron sedimentos arenosos y carbonatados biogenos los cuales son acarreados a la laguna desde la plataforma de Campeche por la Boca de Puerto Real por medio de la corriente de marea, y en menor grado por el Río Candelaria desde la terraza caliza de la Península de Yucatan (Yáñez-Correa, 1971; Cruz-Orozco, 1980). Los sedimentos de textura gruesa se restringen a la Boca de Puerto Real, lo cual se juzga es debido a la presencia de un elevado número de fragmentos de equinoideos. Dichas texturas sedimentarias concuerdan con las registradas por Yáñez (1963). Por otra parte, la distribución de los carbonatos en los sedimentos de la laguna es consecuencia directa de la ubicación de la misma sobre la línea de transición entre el límite oriental de la Cuenca Macuspana-Campeche, y la extensión occidental de la Plataforma de Yucatan (Yáñez-Correa, 1971).

El contenido de materia organica total es en general alto, con excepción del mínimo de Bahamita de 2.0 %, el cual se relaciona con el porcentaje elevado de arena de 98.9 % ($r=0.7$; $P<0.001$), relación que señala Koar (1976) entre otros autores, y el del Río Chumpan de 4.5 %, el cual se debe a que este río aporta cantidades reducidas de materiales a la laguna, tal como Valdes (1982) ha mencionado. El máximo registrado en el centro, de 24.4 %, se relaciona con los sedimentos limo-arcillosos (61.8 %) ($r=0.6$; $P<0.001$) y con la ubicación de esta localidad sobre la línea entre El Cayo y Punta Cedros en donde se crea una zona de alta deposición como consecuencia del encuentro de las dos ondas de marea que penetran a la laguna por las Bocas del Carmen y de Puerto Real (Stancilla Peraza y Vargas Flores, 1980).

La división de la laguna en dos áreas, una al norte-noreste predominantemente marina y con un $\delta^{13}C$ poco negativo, y una al sur-suroeste que refleja la influencia de los aportes continentales y con un $\delta^{13}C$ muy negativo, es similar a la división establecida por Day, et al (1982) en función de parámetros hidrológicos, y a la de Botello y Soto (1981) basada en resultados de $\delta^{13}C$ del sedimento.

Vegetación, detrito y sedimento.

A pesar de que la vegetación varía intra e interespecíficamente en cuanto al mecanismo fotosintético que utiliza, ya sea de ciclo C3 (Calvin) o de ciclo C4 (Hatch-Slack), cada tipo de vegetación se caracteriza por un intervalo de valores de $\delta^{13}C$. Los intervalos registrados por diversos autores se presentan en la Tabla V.

Los valores de $\delta^{13}C$ menos negativos se deben a la adaptación fisiológica de la vegetación hacia una fotosíntesis de carbono más eficiente, como respuesta ante condiciones ambientales extremas y variantes, tales como las que se encuentran en los habitats acuáticos y xerofitos (Smith y Epstein, 1971).

La variación isotópica de los valores de $\delta^{13}C$ de la *L. leytudinus* procedente de Laguna de Terminos es de 4.3 %, cercana a la señalada por McMillan, et al (1980), y Fry y Sherr (1984). El intervalo de -11.6 a -15.9 %, se traslapa con el de Smith y Epstein (1971) y Fry, et al (1982) de -9.3 a -13.2 %, y coincide con los valores de los pastos marinos de ciclo C4.

El pasto marino *H. wrightii* presenta una variación isotópica de 9.7 % entre el promedio del $\delta^{13}C$ de los ejemplares colectados en el Área 1 (norte-noreste de la laguna) y aquel de los del Área 2 (al suroeste y en Atasta).

El $\delta^{13}C$ de -28.6 a -27.6 % de *H. wrightii* del Área 2 no corresponde al mecanismo fotosintético de ciclo C4, tal como es de esperarse para los pastos marinos. Esto puede deberse a la interacción de varios factores como son: 1.- la proporción isotópica del carbono inorgánico disuelto, lo cual es de ± 0 ‰ en aguas marinas y de -5 a -10 ‰ en aguas de menor salinidad. En las localidades de Atasta, Río Candelaria y Boca de Pargos en donde se registraron estos valores de $\delta^{13}C$, la salinidad fue de 15.3, 2.7 y 17.0 ‰ respectivamente. 2.- la discriminación isotópica de las enzimas carbonilasa fosfoenolpiruvato en el ciclo C4, y ribulosa-1,5-difosfato en el ciclo C3, responsables de la fijación del carbono en la fotosíntesis. Dicha discriminación es pequeña y da lugar a valores de $\delta^{13}C$ menos negativos en el caso de la primera enzima, y mayor con valores de $\delta^{13}C$ más negativos en el caso de la segunda. En

Tabla V

Intervalos de $\delta^{13}C$ de diversos tipos de vegetación (Parker, 1964; Smith y Epstein, 1971; Shultz y Calder, 1976; Fry y Parker, 1979; Fry y Sherr, 1984).

vegetación	especie	$\delta^{13}C$ (‰)
pastos marinos de ciclo C4	<u>T. testudinum</u>	-3 a -15
	<u>H. wrightii</u>	
	<u>Zostera marina</u> L.	
pastos de marisma de ciclo C4	<u>Spartina alterniflora</u>	-10 a -14
	Loisel. <u>Distichlis spicata</u> (L.) Greene	
plantas terrestres de ciclo C4	<u>Amaranthus edulis</u> Spes.	-10 a -14
	<u>Tillandsia usneoides</u> L.	
plancton	-----	-18 a -24
carbón orgánico particulado	-----	-18 a -24
pastos de marisma de ciclo C3	<u>Salicornia virginica</u>	-23 a -26
	<u>Juncus roemerianus</u>	
plantas terrestres de ciclo C3	<u>Caryota mitis</u> Lour.	-23 a -30
	<u>Quercus palustris</u> Cockereil	
macroalgas marinas	<u>Gracilaria</u> sp.	-8 a -27
	<u>Hypnea</u> sp.	
	<u>Sargassum</u> sp.	
macroalgas dulceacuicolas	<u>Spirogyra</u> sp.	-8 a -27
	<u>Chlorococcum</u> sp.	

el caso de los ejemplares colectados en el Area 2, el $\delta^{13}C$ mas negativo es el resultado de la discriminación isotópica de la enzima carboxilasa ribulosa-1,5-difosfato, del mecanismo fotosintético de ciclo C3. Y 3.- una alta resistencia a la difusión del CO_2 por parte de la membrana celular (Farquhar, et al, 1982; véase in Fry y Sherr, 1984), de lo cual aun no se conoce mucho. Por otra parte, Beer y Waisel (1979) propusieron que ambos mecanismos fotosintéticos pueden actuar simultáneamente en los pastos marinos mediante una variación en la proporción de carboxilasa fosfoenolpiruvato a carboxilasa ribulosa-1,5-difosfato, como respuesta ante cambios ambientales y condiciones de crecimiento, así como a través de la deshidratación del HCO_3^- a CO_2 , con el resultante cambio en el mecanismo fotosintético.

Los valores de -15.2 a -17.0 ‰ de H. wrightii del Area 1 son similares a los señalados por Fry y Parker (1979), McMillan, et al (1980) y Fry, et al (1982), y concuerdan con los de la vegetación acuática de ciclo C4 (Fry y Sherr, 1984).

El grupo de las macroalgas se compone de un número de especies tal, que el intervalo de $\delta^{13}C$ de -8 a -27 ‰ (Fry y Sherr, 1984), al mismo tiempo que es uno de los mas amplios, indica que estas plantas utilizan ambos mecanismos fotosintéticos, tal como lo propusieron Beer y Waisel (1979). Para las rodofitas colectadas en la laguna se obtuvieron valores de $\delta^{13}C$ de -23.3 a -27.1 ‰, los cuales son característicos del mecanismo fotosintético de ciclo C3, y similares al de -22.3 ‰ que Haines y Montague (1979) obtuvieron para Gracilaria sp. Las algas rodofitas colectadas en Bahía registraron un $\delta^{13}C$ de -17.2 ‰, característico del mecanismo fotosintético de ciclo C4, y cercano a los $\delta^{13}C$ determinados por Fry, et al (1982) para Gracilaria sp. o Hymania sp. de -18.2 a -19.2 ‰. Dicho valor de -17.2 ‰ puede ser el resultado de dos procesos: la combinación del $\delta^{13}C$ mas negativo que comúnmente se registra para las rodofitas, con el $\delta^{13}C$ de 0 ‰ propio del carbono inorgánico disuelto del agua marina, y/o la utilización del mecanismo fotosintético de ciclo C4 como respuesta ante las condiciones ambientales. Ambos procesos permanecen sujetos a comprobación mediante posteriores análisis de las rodofitas a lo largo de la costa.

El $\delta^{13}C$ de la feciita Diclyota sp. fue de -16.8 a -18.7 ‰, característico del mecanismo fotosintético de ciclo C4. Estos son aproximadamente 3 ‰ mas negativos que los registrados para este género por Fry, et al (1982) de -12.7 a -14.1 ‰, sin embargo se encuentran dentro del intervalo de las macroalgas reportado por Fry y Sherr (1984).

Por otra parte, los valores de $\delta^{13}C$ del sedimento delimitaron tres zonas claramente diferenciadas en la laguna

de Terminos. En la zona al sur-suroeste, los aportes de carbono organico de origen terrestre que llegan provenientes de los tres sistemas fluviales se reflejan en los $\delta^{13}C$ mas negativos del Rio Candelaria (-26.2 ‰), el Rio Chumpan (-25.4 ‰), y Laguna San Francisco, Palizada Vieja y Atasta (-24.3 a -24.5 ‰) del Area 2. Los aportes continentales disminuyen el $\delta^{13}C$ debido al enriquecimiento en ^{12}C del carbono organico de la vegetacion terrestre que es acarreado por los rios desde las llanuras deltaicas y la plataforma de Yucatan, hasta la laguna. El detrito que se encuentra en grandes cantidades en esta zona es isotopicamente similar a la vegetacion terrestre de la cual es probable que provenga, debido a que la composicion isotopica del material producido en la descomposicion de las plantas vasculares cambia minimamente (Schwinghamer, et al, 1983; vide in Fry y Sherr, 1984). En el Area 2 de la laguna se determino una relacion directa entre el $\delta^{13}C$ del detrito (-25.7 a -27.7 ‰) y el del sedimento ($r=1.0$; $P=0.003$), lo cual indica una semejanza isotopica, misma que ha sido observada anteriormente por Fry y Sherr (1984).

Las otras localidades del Area 2 (Fig. 15) representan una zona de mezcla influenciada por la circulacion del agua dentro de la laguna. En esta zona se combina el carbono organico de origen terrestre con el de los pastos marinos establecidos a lo largo del litoral sur de la laguna, lo cual da como resultado una uniformidad de valores de $\delta^{13}C$ en el sedimento (-21.8 a -22.9 ‰). Dicha zona de mezcla concuerda con la establecida por Botello y Soto (1981).

En cuanto a la localidad de Bahamita, ubicada en el margen externo de la Isla del Carmen, el $\delta^{13}C$ del sedimento de -22.0 ‰, no se relaciona con la proporcion isotopica de la vegetacion acuatica (*C. testudinum* = -11.6 ‰, y rodofitas = -17.2 ‰). Dada la ubicacion de la localidad, el $\delta^{13}C$ del sedimento puede reflejar el carbono organico de origen marino, inicialmente planctonico ($\delta^{13}C R = -21$ ‰), el cual sustenta la red trofica de la zona costera, y que en ultima instancia se deposita y forma parte del sustrato (Fry, et al, 1977).

Los aportes de carbono organico provenientes de los pastos marinos se reflejan en el $\delta^{13}C$ menos negativo de los sedimentos del Area 1. Los valores de -14.6 a -19.0 ‰, son consecuencia de la composicion isotopica de las praderas de *L. testudinum*, *H. wrightii* y *Riccydia sp.* que se establecen en esta area, las cuales juegan un papel importante en el aporte de grandes cantidades de detrito. El $\delta^{13}C$ del detrito de Bajos de San Julian de -16.9 ‰, refleja la composicion isotopica de las especies de vegetacion acuatica arriba mencionadas (-13.3 a -17.0 ‰), y se asemeja al del carbono organico sedimentario (-16.2 ‰) de dicha localidad. Dado que el Area 1 de la laguna presenta algunos de los porcentajes mas altos de carbonatos, una explicacion en

cuanto al aumento del $\delta^{13}C$ del sedimento podria ser aquella que menciona Faure (1977) en relacion con las reacciones de intercambio isotopico entre el CO_2 gaseoso y las especies carbonatadas del agua, las cuales resultan en un enriquecimiento en ^{13}C de los carbonatos del sedimento. Esto se corrobora por medio de la relacion entre el $\delta^{13}C$ y el contenido de carbonatos del sedimento, la cual resulta ser lineal y directa ($r=0.6$; $P=0.005$).

En concreto se puede observar que la mayor parte de los valores menos negativos de $\delta^{13}C$ se registraron en el Area 1 de la laguna, lo cual tiene que ver con la presencia de praderas de pastos marinos que comunmente se establecen en esta area, así como con el elevado contenido de carbonatos en el sedimento. Estos valores de -11.6 a -19.0 ‰ son similares a los reportados por Haines (1976), Fry, et al (1977), Fry y Parker (1979) y Sherr (1982) de -10.1 a -19.9 ‰ para ambientes estuarinos. Los valores mas negativos de -12.4 a -26.2 ‰ del Area 2, a la cual llegan los aportes de carbono organico e inorganico de origen terrestre acarreados por los rios, estan comprendidos en aquellos registrados por Shultz y Calder (1976), Rashid y Reinson (1979), Tan y Strain (1979), Botello y Macko (1982), y Sherr (1982) de -19.0 a -29.2 ‰ obtenidos en ambientes similares.

Los intervalos de valores de $\delta^{13}C$ registrados especificamente en el sedimento de Laguna de Terminos por Botello y Soto (1981) y por Botello y Macko (1982) de -16.0 a -21.4 ‰ y de -19.0 a -22.5 ‰, respectivamente, se amplian aqui de -14.6 a -26.2 ‰, lo cual se debe a que el muestreo efectuado en esta investigacion abarco la Laguna interior de San Francisco, los rios Chumpan y Candelaria, y otras localidades anteriormente no muestreadas. Es notable sin embargo la similitud entre los registros aqui presentados y los de Botello y Soto (1981), de tal manera que la division de la laguna en las tres zonas arriba descritas se corrobora con los resultados de estos ultimos autores.

Zooplankton, crustaceos decapodos y anfibios.

Los estudios sobre redes troficas han comprobado, a traves del analisis del $\delta^{13}C$, que el carbono de los consumidores y de los microorganismos heterotrofos es por lo general isotopicamente similar al carbono de su dieta en aproximadamente 3 ‰. Esto se debe a que la discriminacion isotopica durante la asimilacion y respiracion es minima (DeNiro y Epstein, 1976; Haines y Montague, 1979; Tieszen, et al, 1983).

La identificacion de las fuentes de carbono de origen vegetal mas importantes para los consumidores de las redes troficas estuarinas se ha complicado por el hecho de que dicho carbono proviene de una variedad de especies

vegetales. Los valores intermedios de los animales pueden deberse tanto a una dieta pura de $\delta^{13}C$ intermedio, como a una dieta mixta de valores de $\delta^{13}C$ altos y bajos (Fry, et al, 1982; Fry y Sherr, 1984). Una forma de interpretar los valores de $\delta^{13}C$ en los consumidores es en terminos del aporte relativo de carbono de las diferentes especies de productores primarios.

Por otra parte, la fauna que se alimenta en las praderas de pastos marinos en los sistemas estuarinos por lo general se encuentra enriquecida en ^{13}C en relacion con la fauna establecida en ambientes marinos y dulceacuicolas. Esta diferencia indica la influencia de la vegetacion bentonica estuarina enriquecida en ^{13}C sobre las redes troficas de las praderas de pastos marinos de sistemas estuarinos (Fry y Parker, 1979; McComanagey y McRoy, 1979; Fry, et al, 1982; Fry y Sherr, 1984), al mismo tiempo que refleja la diferencia isotopica entre los sedimentos estuarinos y marinos (Botello y Soto, 1981). La diferencia entre el $\delta^{13}C$ de la fauna de pastos marinos en sistemas estuarinos y el de la fauna marina permite estimar el aporte de carbono de la vegetacion bentonica a las redes troficas establecidas en las praderas de pastos marinos; Fry y Parker (1979) y Fry, et al (1982) calcularon un valor de 50 % para dicho aporte. Sin embargo, la identificacion de los productores primarios mas importantes no es facil. Dentro de este grupo de vegetacion se encuentran las epifitas de los pastos marinos, las cuales han sido propuestas por Kitting, et al (1984) como una fuente alternativa de carbono importante para los consumidores.

Otra fuente de carbono organico en la zona costera es el zooplancton. En el caso particular de Laguna de Terminos, el zooplancton que penetra a la misma acarreado por la corriente de marea es posible que aporte carbono organico a la red trofica de las praderas de pastos marinos a lo largo del margen interno de la Isla del Carmen, tomando en cuenta, sin embargo, que Hay, et al (1982) estimaron una produccion primaria de 4 a 12 $mgC/m^2/hr$ en dicha zona. La transferencia de carbono organico planctonico a las redes troficas en la zona neritica del norte del Golfo de Mexico ha sido mencionada anteriormente por Thayer, et al (1983), mientras que Flint y Rabalais (1981) estimaron una correlacion significativa entre el zooplancton y el detrito del sedimento, y entre este ultimo y la densidad de *P. aztecus* en la plataforma continental de Texas, EUA, y calcularon que 60 % de la produccion primaria de la zona se incorpora al bentos.

El $\delta^{13}C$ del zooplancton de Xicalango, Boca de Puerto Real y Punta Gorda de -18.2 a -24.2 ‰, concuerda con el de Fry y Parker (1979) de -19.9 ‰ de Laguna Madre, Texas, y con el de Thayer, et al (1983) de -21.9 ‰ del norte del Golfo de Mexico. Por su parte, Fry y Sherr (1984) reportaron un

intervalo de -19.6 a -26.4 ‰ para diversas localidades oceánicas, entre las cuales la del Golfo de México proporciona un $\delta^{13}C$ de -20.2 ‰. Asimismo, los valores aquí registrados coinciden con los del fitoplancton colectado por Haines y Montague (1979) en un estuario de Georgia de -18.0 a -24.7 ‰, lo cual corrobora la semejanza isotópica de 0.8 ‰ que Thayer, et al (1983) encontraron entre el fitoplancton (-22.7 ‰) y el zooplancton (-21.9 ‰), y que atribuyen a la discriminación isotópica entre niveles tróficos sucesivos.

Diversos grupos faunísticos habitan en la Laguna de Términos, entre los cuales se encuentran los macrocrustáceos. Uno de los componentes más importantes es el camarón blanco *Penaeus setiferus*. Este presenta un patrón de migración bien definido dentro de la laguna. Las postlarvas planctónicas penetran por ambas bocas ayudadas por la corriente de marea (Arenas y Yáñez-Martínez, 1981). Alcanzan tallas de reclutamiento (1 a 3 mm LCT) y, como postlarvas epibentónicas, se establecen predominantemente en el delta de flujo de marea y en las proximidades del Estero Sabancuy, sobre sustratos tanto desnudos como cubiertos por vegetación acuática, y tanto arenosos como limo-arcillosos (Sanchez, 1981). Las fases de juveniles pequeños (> 9 mm LCT) se desplazan rápidamente a través de la laguna (Sanchez, 1981) hasta llegar al sector suroccidental y subsistemas lagunares adyacentes, en donde permanecen algún tiempo como juveniles de tallas mayores (16 mm LCT), después de lo cual emigran por la Boca del Carmen hacia la plataforma continental (Signoret, 1974; Ibarra, 1979; Aguilar, 1985; Gracia y Soto, 1985).

Los juveniles que migran a través de la laguna hacia la Boca del Carmen presentan un incremento de talla, el cual se observa en los promedios de longitud cefalotorácica (LCT) de 11.5 mm en Boca de Pargos, 14.8 mm en Boca Chica, 17.1 mm en Atasta, y 22.5 mm en Xicalango (Aguilar, 1985). Durante este proceso de migración dentro de la laguna, y como consecuencia de los hábitos alimenticios omnívoros típicos de esta especie, así como de la variedad de alimento que los juveniles encuentran disponible de una localidad a otra, se presenta un cambio en el $\delta^{13}C$ del tejido muscular. Estos valores cambiaron de menos negativos al noreste de la laguna a más negativos al suroeste-este, como lo indican los valores de -8.9 ‰ en Bajos de San Julián, -15.6 ‰ en Boca de Pargos, -23.5 ‰ en Boca Chica, y de -21.2 a -24.2 ‰ entre Atasta y Xicalango.

Se plantean tres hipótesis acerca de los registros isotópicos de *P. setiferus*. El valor de $\delta^{13}C$ de -8.2 ‰ del *P. setiferus* de Bajos de San Julián presenta una diferencia de $+4.2$ ‰ con respecto al de la *P. testudinum* de dicha localidad (-12.8 ‰). En este caso se plantea la hipótesis de que estos animales aprovechan fuentes de carbono orgánico

enriquecidas en ^{13}C que no fueron identificadas en este trabajo, entre las cuales se podría nombrar a la infauna, la epifauna y las epifitas (Fry, 1984; Kitting, et al, 1984).

Por otra parte, si la síntesis de compuestos orgánicos proporciona al tejido muscular de los consumidores una "huella" isotópica del $\delta^{13}C$ del carbono de su dieta (Tieszen, et al, 1983), el $\delta^{13}C$ del tejido muscular de los juveniles refleja la composición isotópica del carbono orgánico ingerido anteriormente, e indica, en consecuencia, la localidad (caracterizada isotópicamente) de donde emigraron los juveniles hacia Boca de Pargos. En este caso se proponen las localidades de Bajos de San Julian e Isla Pajaros, dada la similitud entre el valor de $\delta^{13}C$ de -15.3 ‰ de los juveniles de Boca de Pargos, y el de la vegetación acuática, detrito, y sedimento de dichas localidades (-12.0 a -17.0 ‰), lo cual corrobora esta hipótesis basada en el planteamiento de Tieszen, et al (1983). Los juveniles que se establecen en Boca de Pargos asimilan el carbono orgánico de dicha localidad y adquieren un nuevo valor de $\delta^{13}C$ mediante el proceso de convergencia isotópica (Fry, 1983). Dicho valor se mantiene por algún tiempo como una nueva "huella" isotópica, hasta que los juveniles emigran a una nueva localidad y el proceso se lleva a cabo nuevamente.

De entre los camarones colectados al oeste del Área 2 de la laguna, los de menor talla registraron un $\delta^{13}C$ de -22.5 ‰, mientras que el $\delta^{13}C$ de los juveniles de mayor talla colectados al noroeste de la misma varío entre -21.9 y -24.2 ‰. Estos valores, en contraste con los anteriores, son similares a los de la vegetación acuática, detrito y sedimento del área de colecta (-22.7 a -26.2 ‰), lo cual da lugar al planteamiento de la tercera hipótesis.

DeNiro y Epstein (1978) determinaron experimentalmente que los consumidores registran un $\delta^{13}C$ menos negativo en 1 ‰ que el carbono de sus dietas naturales, y propusieron que mientras el efecto de fraccionamiento metabólico sucesivo se mantuviera a través de la cadena trófica, el $\delta^{13}C$ de los consumidores de cada nivel trófico aumentaría en 1 ‰. Tal enriquecimiento acumulativo en ^{13}C da lugar a que el $\delta^{13}C$ de los consumidores de niveles tróficos altos sea de 4 a 6 ‰ menos negativo que el $\delta^{13}C$ del carbono orgánico original (Fry, 1981).

En la laguna de Terminos se registran diferencias isotópicas de 6.5 y 8.8 ‰, entre el $\delta^{13}C$ de los juveniles colectados en Bajos de San Julian y Boca de Pargos respectivamente, y el $\delta^{13}C$ de la vegetación acuática, detrito y sedimento de dichas localidades. La diferencia isotópica registrada en la localidad de Boca Chica varío entre 0.3 y 2.0 ‰, para los juveniles de menor y mayor talla respectivamente. Dado que *P. setiferus* ocupa un nivel trófico alto en toda la laguna, la diferencia que se observa entre los primeros casos y el

ultimo se explica en funcion de la complejidad de las redes troficas de cada una de las dos areas de la laguna. Las redes troficas de las localidades de Bajos de San Julian y Boca de Fargos presentan una mayor complejidad, y en consecuencia una alta diversidad de fauna, dada la presencia de praderas de T. testudinum y H. wrightii en la primera y de rodofitas y H. wrightii en la segunda. Esto resulta en la marcada diferencia entre el $\delta^{13}C$ de P. setiferus y el $\delta^{13}C$ de la materia organica sedimentaria y de los productores primarios, de acuerdo con los estudios de DeNiro y Epstein (1978). Las redes troficas de las localidades con escasa vegetacion acuatica al oeste de la laguna se basan unicamente en el detrito de origen vegetal que se deposita en dicha area, lo cual resulta en una diferencia pequena entre el $\delta^{13}C$ de P. setiferus y el $\delta^{13}C$ del carbono organico alimentario.

Otra especie importante entre los macrocrustaceos de Laguna de Terminos es el camaron rosado Penaeus duorarum. Su patron de migracion se restringe por lo general a la mitad noreste de la laguna. Las postlarvas planctonicas (1 a 2 mm LCT) ingresan principalmente por la Boca de Puerto Real ayudadas por la corriente de mares. Una vez que alcanzan tallas de reclutamiento de postlarvas epibenticas (2 a 3 mm LCT), se establecen en el delta de flujo de marea y en las proximidades del Estero Sabancuy, al igual que las postlarvas de P. setiferus, sobre sustratos cubiertos por vegetacion acuatica, tanto arenosos como limo-arcillosos (Sanchez, 1981). Las fases > 2 mm LCT migran a lo largo del margen interno de la Isla del Carmen y del litoral sur de la laguna y alcanzan tallos de reclutamiento de juveniles de 16 mm LCT (Sanchez, 1981; Aguilar, 1985). Se establecen predominantemente al norte-noreste de la laguna, en la zona comprendida entre Boca de Fargos y Boca de Puerto Real, y en menor grado al suroeste de la laguna. Despues de un promedio de 70 dias de permanencia en la laguna (Alvarez, 1984), los juveniles emigran por la Boca de Puerto Real hacia la plataforma continental (Gracia y Soto, 1986).

El $\delta^{13}C$ del P. duorarum juvenil de Isla Pajaros (-9.2 ‰) registra una diferencia de 44.9 ‰ con respecto al $\delta^{13}C$ de los pastos marinos de dicha localidad (-12.0 y -15.2 ‰), de manera que, en esta instancia, esto se ajusta a la primera hipotesis planteada para el caso de P. setiferus. Por otra parte, el $\delta^{13}C$ de los juveniles colectados en diversas localidades registra una diferencia isotopica de 2.3 a 5.0 ‰ con respecto al $\delta^{13}C$ de la vegetacion acuatica, detrito y sedimento. Esta diferencia se discute con respecto a la teoria de DeNiro y Epstein (1978), referente a la complejidad de las redes troficas asociadas a las praderas de vegetacion acuatica. En las localidades donde esta especie fue colectada, se presentan dichas praderas en las cuales los juveniles de P. duorarum ocupan un nivel trofico alto. Por ultimo, la distribucion azarosa del $\delta^{13}C$ de estos

juveniles de una localidad a otra da lugar al planteamiento de una cuarta hipótesis, en la que el $\delta^{13}C$ de los consumidores se relaciona con el de las epifitas, las cuales no fueron analizadas en este estudio, y que, como propusieron Fry (1984) y Kitting, et al (1984), pueden formar parte de la dieta de los camarones juveniles dentro de la red trófica de las praderas de pastos marinos. La proporción isotópica de las epifitas, a diferencia de la de los pastos marinos y del carbono orgánico particulado, varía de una localidad a otra (Fry, 1984), y da lugar a que la epifitona de diferentes localidades, y en consecuencia los consumidores de niveles tróficos altos, registren valores de $\delta^{13}C$ diferentes en función de la localidad de colecta.

Los valores de $\delta^{13}C$ de *Neopanope texana* y de los juveniles de *P. duorarum*, que se registraron en una misma localidad muestran una similitud significativa ($r=1.0$; $P=0.010$). La variación isotópica entre el $\delta^{13}C$ del primero y el del segundo, de 0.4 a 1.2 ‰ (Tablas II y III), indica que *N. texana* se encuentra en un nivel trófico similar al de *P. duorarum*, y que ambas especies se alimentan de la misma dieta o de dietas isotópicamente similares. Fry y Parker (1979) establecieron una diferencia máxima de 1.7 ‰ para indicar una semejanza de dieta entre diferentes especies de consumidores colectadas en un mismo hábitat. Cabe señalar que en forma paralela al reconocimiento de esta semejanza isotópica interespecífica, el reconocimiento de la semejanza intraespecífica ha sido aprovechado en la caracterización isotópica de una especie a través del análisis de un número reducido de individuos, lo cual es práctico y económicamente ventajoso (DeNiro y Epstein, 1976; Fry y Parker, 1979). El $\delta^{13}C$ más negativo de *N. texana* (-22.7 ‰) colectado en Boca de Balchacah, es similar al del sedimento y rolofitas, y refleja el proceso de convergencia isotópica en el sentido hacia el carbono orgánico alimentario de dicha localidad, así como una estructura trófica más sencilla relacionada con la falta de praderas de pastos marinos.

El camarón siete barbas *Xiphopenaeus kroyeri* presenta una distribución costera, y utiliza las lagunas y estuarios ocasionalmente. Se encuentra al oeste de la Sonda de Campeche, desde la costa hasta una profundidad promedio de 18 m sobre sustratos arenosos y limosos (Joucau, 1977; Sanchez, 1985). En la Laguna de Terminos se establece, con una talla de reclutamiento de juveniles de 16 mm LCT, a lo largo del litoral oeste-suroeste en donde comparte el hábitat con *P. setiferus* (Aguilar, 1985). El $\delta^{13}C$ de *X. kroyeri* exhibe una variación de -16.0 ‰ en Bahamita y -17.0 ‰ en Xicalango, a -21.0 ‰ en Alata y -22.6 ‰ en Boca Chica. La diferencia entre el $\delta^{13}C$ de *X. kroyeri* de una localidad a otra indica una discrepancia en la proporción isotópica del carbono orgánico alimentario, mientras que la semejanza entre el $\delta^{13}C$ de *X. kroyeri* y el de la vegetación acuática, detrito y sedimento en cada localidad refleja la

convergencia isotopica del camaron hacia el $\delta^{13}C$ del carbono organico que se encuentra disponible como fuente alimentaria en cada localidad de muestreo. Por otra parte, el $\delta^{13}C$ de *X. kroyeri* es 2.3 % menos negativo en Atasta y Boca Chica que el de la vegetacion acuatica, detrito y sedimento (-22.9 a -26.2 %), lo cual indica que esta especie ocupa un nivel trofico arriba de los productores primarios en la estructura trofica de dichas localidades, de acuerdo con la teoria de DeNiro y Epstein (1978).

El $\delta^{13}C$ de la jaiiba azul *Callinectes sapidus* de -9.5 % en El Cayo y -7.2 % en Isla Pajaros es menos negativo que los registrados por Fry y Parker (1979) de -9.8 a -13.0 % en Laguna Madre, Texas, por Hackney y Haines (1980) de -12.3 a -22.0 % en una marisma del Rio Mississippi, y por Fry, et al (1982) de -10.4 % en Nicaragua. Estos autores estimaron una relacion directa entre el $\delta^{13}C$ de la jaiiba y el de la vegetacion acuatica, y enfatizaron la importancia de esta ultima como fuente de carbono organico alimentario para los consumidores bentonicos. Sin embargo, de acuerdo con la hipotesis de DeNiro y Epstein (1978), y considerando el $\delta^{13}C$ de la vegetacion y sedimento de El Cayo (-13.5 a -14.6 %) y de Isla Pajaros (-12.0 a -16.3 %), los valores de $\delta^{13}C$ de *C. sapidus* de -9.5 y -7.2 % son 4.5 y 7.3 % menos negativos respectivamente, e indican que las jaiibas ocupan niveles troficos altos en el Area I de la laguna en donde fueron colectadas.

Los promedios del $\delta^{13}C$ de los palemonidos, hipolitidos y anfipodos registradas en Laguna de Terminos fueron de -15.4 %, -12.9 % y -15.1 % respectivamente, y se propone que son consecuencia de la composicion isotopica de las epifitas de las praderas de pastos marinos de la laguna, de las cuales es factible que se alimenten, de acuerdo con la teoria de Killfing, et al (1984). Estos organismos de la epifauna desempeñan un papel importante como eslabon trofico en las praderas de pastos marinos dado que su abundancia en dichos ambientes es 13 veces mayor que sobre sustratos desnudos, y que son mas fuertemente dependidos que la infana (Fry, 1984). Fry (1984) reporto valores de -17.5 %, -19.5 % y -19.6 % para los mismos grupos que colectaron en la Laguna Indian River, Florida.

Es recomendable incluir en el analisis isotopico a la variedad de los productores primarios que juegan un papel importante en los sistemas estuarinos. Entre estos se encuentran el fitoplancton, las microalgas bentonicas, la vegetacion acuatica emergente que se establece a lo largo de los margenes de los rios, y los manglares. La produccion de estos ultimos en Laguna de Terminos, de 984 a 1365 gr peso seco/m²/año (Day, et al, 1982), su distribucion extensa, y el papel que juegan en los ciclos bioquimicos, proporciona una idea de su importancia como fuentes de carbono organico. El $\delta^{13}C$ de *Rhizophora mangle* L. de -25.6 a -30.2 %

determinado en el presente estudio, se encuentra entre los valores más ligeros de la vegetación acuática del Área 2 de la laguna. Dicho carbono es posible que se incorpore a las redes tróficas locales e influya en la proporción isotópica de los consumidores. Este intervalo es similar al registrado por Rodelli, et al (1984).

Por otra parte, es recomendable considerar una combinación de análisis para caracterizar las fuentes individuales del carbono fijado mediante la inclusión de otros trazadores isotópicos estables tales como el deuterio (dD), el nitrógeno quince ($d^{15}N$) y el azufre treinta y cuatro ($d^{34}S$), así como las proporciones $C:N$ y $C:H$, los análisis de ácidos grasos, y los análisis de pirólisis y espectrometría de masas-cromatografía de gases. El dD ha sido utilizado para diferenciar redes tróficas basadas en diferentes especies de algas marinas, así como aquellas basadas en fitoplancton versus bacterias que utilizan metano, y aquellas dulcesacuicolas versus marinas de zonas polares. Es especialmente útil en la investigación del ciclo hidrológico y del origen del agua sobre la superficie de la Tierra. El $d^{15}N$ funciona como indicador de niveles tróficos dado que el $d^{15}N$ de los animales aumenta aproximadamente 3% en cada nivel trófico sucesivo. También ha sido empleado en la caracterización de dietas marinas y terrestres. El $d^{34}S$ diferencia la vegetación estuarina que incorpora sulfuros con un contenido bajo en ^{34}S (-17%) de las algas marinas que utilizan sulfatos (+16 a +20%), así como los componentes bentónicos y pelágicos de las redes tróficas marinas y lacustres. También es útil en los estudios sobre la génesis de los depósitos de sulfuros (Medepohl, 1971; Fry y Sherr, 1984).

CONCLUSIONES.

La distribución de las características tanto hidrológicas y sedimentarias, como isotópicas ($\delta^{13}C$) en Laguna de Terminos, se relaciona directamente con los aportes de materiales terrestres, dulceacuícolas, estuarinos y marinos que llegan a la laguna a través de los ríos y de las Bocas del Carmen y Puerto Real.

La Laguna de Terminos se caracteriza por dos áreas isotópicamente diferentes, en función del $\delta^{13}C$ de la vegetación acuática, detrito y sedimento. El Area 1, con valores de $\delta^{13}C$ menos negativos ($\bar{R} = -15.5 \%$), abarca el margen interno de la Isla del Carmen y de Isla Aguada, junto con la Boca de Puerto Real. El Area 2, con valores de $\delta^{13}C$ mas negativos ($\bar{R} = -20.3 \%$), comprende el resto de Laguna de Terminos, la Laguna San Francisco, el Rio Chuspan y el Rio Candelaria. Los valores de $\delta^{13}C$ mostraron un gradiente general de norte-noreste a sur-suroeste-oeste de la laguna. La localidad de Bahamita se diferencia de las de Laguna de Terminos por presentar valores extremos en sus características ambientales, lo cual se relaciona con su ubicación en el sublitoral marino de la Isla del Carmen.

El $\delta^{13}C$ menos negativo del Area 1 es consecuencia del aporte de carbono orgánico procedente de las praderas de L. testudinum, M. wrightii y Plectyola sp. que se establecen en esta zona de la laguna. Dicha vegetación contribuye a la caracterización del detrito y sedimento (-14.6 a -19.0 %). Asimismo el enriquecimiento en ^{13}C de los carbonatos contribuye a aligerar el $\delta^{13}C$ del sedimento de dicha area.

El $\delta^{13}C$ mas negativo del Area 2 es consecuencia de los aportes de carbono orgánico procedentes de la vegetación terrestre acarreada por los sistemas fluviales (principalmente de los ríos Palizada y Chuspan), los cuales contribuyen a la caracterización del detrito y sedimento (-21.8 a -28.2 %).

El $\delta^{13}C$ registrado para Halodule testudinum y Plectyola sp. (-11.6 a -18.7 %) indica que ambas plantas, predominantemente establecidas en el Area 1, utilizan el mecanismo fotosintético de ciclo C4. El amplio intervalo del $\delta^{13}C$ de Halodule wrightii y de las redofitas se determino en el Area 1 (-15.2 a -17.2 %) y 2 (-23.3 a -27.6 %) de la laguna en las que se presenta una variedad de condiciones hidrológicas y sedimentarias. Estas plantas utilizan ambos mecanismos fotosintéticos en forma simultánea, lo cual se puede relacionar con estrategias de adaptación de las especies vegetales a medios con marcadas variaciones ambientales.

La semejanza entre los valores de $\delta^{13}C$ de los consumidores, vegetación, detrito y sedimento que se registro por lo general en cada una de las localidades de la laguna refleja, por una parte, la fuente de la materia organica sedimentaria de cada localidad, y por otra, la relacion estrecha entre la proporción isotopica de los consumidores y el carbono organico de su dieta, la cual se da por el proceso de convergencia isotopica.

Los resultados del analisis del $\delta^{13}C$ coinciden con el patron de migración de P. setiferus dentro de Laguna de Terminos. Se observa una relacion aparente entre el $\delta^{13}C$, la talla de los juveniles, y la localidad de colecta, la cual se refleja en los valores de -15.3 ‰ y 11.5 mm LCT de Boca de Pargos, -22.5 ‰ y 14.8 mm LCT de Boca Chica, y -24.2 ‰ y 17.1 mm LCT de Atasta.

La diferencia isotopica entre el $\delta^{13}C$ de los consumidores de niveles troficos altos (P. setiferus) y el del carbono organico sedimentario y de los productores primarios, puede indicar 1.- que los animales aprovechan fuentes de carbono organico no identificadas en este trabajo, 2.- que los animales presentan un "huella" isotopica del carbono organico ingerido anteriormente en una localidad de la laguna isotopicamente diferente de aquella donde los ejemplares fueron colectados, y 3.- que las redes troficas de las localidades donde la diferencia isotopica fue grande presentan una mayor complejidad debido a la presencia de praderas de vegetacion acuatica, que aquellas basadas en el detrito de las localidades en las que se registro una diferencia isotopica pequena.

Los $\delta^{13}C$ de los juveniles de P. duorarum y de N. texana no se relacionan directamente con los de la vegetacion y sedimento de las localidades donde fueron colectados. Esto puede indicar que estas especies utilizan fuentes de materia organica que no fueron analizadas en este estudio tales como las epifitas. La diferencia isotopica de +2.3 a +7.3 ‰ que se registro entre el $\delta^{13}C$ de estas especies, de M. brevif y de C. papillos, y el $\delta^{13}C$ de la vegetacion acuatica, detrito y sedimento de las localidades donde fueron colectadas indica que estas especies ocupan niveles troficos altos, con respecto a los productores primarios, en ambas areas de la laguna.

Los palemonidos, hipolitidos y antipodos que se colectaron en el Area I de Laguna de Terminos mostraron $\delta^{13}C$ similares a los tipicamente registrados para estos grupos en praderas de T. testudinum y H. wrightii de sistemas estuarinos.

Literatura consultada.

Abbott, I.A. y E.Y. Dawson, 1978. How to Know the Seaweeds. Wm. C. Brown Co. Pub. 2^a edition. 141 p.

Alvarez Guillén, H., A. Yáñez-Arancibia y A.L. Lara-Domínguez, 1985. Ecología de la Boca del Carmen, Laguna de Términos. El habitat y estructura de las comunidades de peces (Sur del Golfo de México). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México 12(1): 107-143.

Alvarez N., F., 1984. Aspectos poblacionales de las postlarvas epibénticas de Penaeus (farfantepenaeus) duorarum, Burkenroad 1939, en la Laguna de Términos, Campeche. Tesis prof. Fac. de Ciencias. UNAM. 60 p.

Aguilar S., A.V., 1985. Camarones peneidos de la Laguna de Términos, Campeche: composición, distribución y parámetros poblacionales. Tesis prof. Fac. de Ciencias. UNAM. 53 p.

Arenas, R. y A. Yáñez-Martínez, 1981. Patrón anual de inmigración de postlarvas de camarones (Crustacea: Decapoda: Penaeidae), en la Boca de Puerto Real, Laguna de Términos, Campeche. Tesis prof. Fac. de Ciencias. UNAM. 92 p.

Beer, S. y Y. Waisel, 1979. Some photosynthetic carbon fixation properties of seagrasses. Aquatic Botany 7: 129-138.

Boello, A.V., E.F. Mandelli, S. Macko y P.L. Parker, 1980. Organic carbon isotope ratios of recent sediments from coastal lagoons of the Gulf of Mexico, Mexico. Geochim. et Cosmochim. Acta 44: 557-559.

Boello, A.V. y S. Macko, 1982. Oil pollution and the carbon isotope ratio in organisms and recent sediments of coastal lagoons in the Gulf of Mexico. Oceanologica Acta no. SP: 55-62.

Boello, A.V. y L.A. Soto, 1981. Proyecto: "Cuantificación de hidrocarburos fósiles y metales pesados en sedimentos y organismos marinos de la Sonda de Campeche." Primer informe final presentado al "Programa Coordinado de Estudios Ecológicos en la Sonda de Campeche." Centro de Cienc. del Mar y Limnol., UNAM. 66 p.

Boutton, T.W., W.N. Wong, D.L. Hachey, L.S. Lee, M.P. Cabrera y P.D. Klein, 1983. Comparison of quartz and pyrex tubes for combustion of organic samples for stable carbon isotope analysis. Anal. Chem. 55: 1832-1833.

Carreño L., S.A., 1982. Algunos aspectos ecológicos de la macrofauna bentónica de las praderas de Thalassia testudinum

de la Laguna de Términos, Campeche. Tesis prof. Fac. de Ciencias. UNAM. 71 p.

Caso, M.E., 1979. Los equinodermos (Asterozoidea, Ophiurozoidea y Echinozoidea) de la Laguna de Términos, Campeche. Ceniro Cienc. del Mar. y Limnol. Univ. Nal. Auton. México. Publ. Esp. 3, 1-186.

Chace, F., 1972. The shrimps of the Smithsonian-Bredin Caribbean Expeditions with a summary of the West Indian Shallow-Water species (Crustacea: Decapoda: Natantia). Smith. Contribs. to Zoology, No. 98. Smith. Institution Press. EUA. 179 p.

Cruz-Drozco, R., 1980. Estudio del sistema fluvio-lagunar deltáico de la región de Campeche, Tabasco, en particular de la Laguna de Términos y áreas adyacentes, para su mejor uso y aprovechamiento. Tercer reporte presentado al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México. 61 p.

Day, J.W., R.H. Day, M.T. Barreiro, F. Lay-Lou y C.J. Madden, 1982. Primary production in the Laguna de Términos, a tropical estuary in the Southern Gulf of Mexico. Oceanol. Acta No. 5P: 269-276.

Dean, N.D. Jr., 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. Jour. of Sedim. Petrol. 44(1): 242-248.

De la Lanza, G., 1980. Materia orgánica en una laguna de la costa de Sinaloa, México. (I): Cuantificación total. Bohn. Inst. Oceanogr., Sao Paulo. 29(2): 217-222.

De la Lanza, G., 1981. Importancia de la materia orgánica en los sedimentos de la Laguna de Huizache-Caimanero, Sinaloa, México. Tesis Doctoral (Oc. Biol. Pesq.) CCH-UNAM. México. 93 p.

DeNiro, M.J. y S. Epstein, 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. Geochim. et Cosmochim. Acta 42: 495-506.

Dressler, R., 1981. Investigación sobre mareas y efectos del viento en la Laguna de Términos, México, mediante un modelo hidrodinámico numérico. Informe Técnico CICESE OC-82:01. 19 p.

Dring, M.J., 1982. The Biology of Marine Plants. Edward Arnold (Pub.) Ltd. G.B. 199 p.

Escobar B., E.G., 1984. Comunidades de macroinvertebrados bentónicos en la Laguna de Términos, Campeche: composición y

estructura. Tesis de Maestría. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UACPyP- CCH. UNAM. 191 p.

Espinosa, G., A. Lopez y L. Reyes, 1978. Análisis/Cúmulos: un programa para análisis de cúmulos. Comunicaciones técnicas. Serie amarilla: Desarrollo. Vol. 1. No. 6. IIMAS, UNAM. 27 p.

Espinosa, G. y A. Lopez., 1986. Introducción a los métodos jerárquicos de análisis de cúmulos. Comunicaciones técnicas. Serie verde: Notas. Vol. 1. No. 9. 2ª reimpresión. IIMAS, UNAM. 77 p.

Farquhar, G.D., M.C. Ball, S. von Caemmerer y Z. Roksandic, 1982. Effect of salinity and humidity on $\delta^{13}C$ value of halophytes - evidence for diffusional isotope fractionation determined by the ratio of intercellular atmospheric partial pressure of CO_2 under different environmental conditions. Oecologia **52**: 121-124.

Faure, G., 1977. Principles of Isotope Geology. John Wiley & Sons, Inc. 464 p.

Flint, R.W. y N.N. Rabalais, 1981. Gulf of Mexico shrimp production: A food web hypothesis. Fish. Bull. **79**(4): 737-748.

Fry, B., R.S. Scanlan y P.L. Parker, 1977. Stable carbon isotope evidence for two sources of organic matter in coastal sediments: seagrasses and plankton. Geochim. et Cosmochim. Acta **41**: 1875-1877.

Fry, B. y P.L. Parker, 1979. Animal diet in Texas seagrass meadows: $\delta^{13}C$ evidence for the importance of benthic plants. Est. and Coast. Mar. Sci. **9**: 499-509.

Fry, B., 1981. Natural stable carbon isotope lag traces Texas shrimp migrations. Fish. Bull. **79**(2): 337-345.

Fry, B. y C. Arnold, 1982. Rapid $^{13}C/^{12}C$ turnover during growth of brown shrimp (*Penaeus aztecus*). Oecologia (Berl) **54**: 200-204.

Fry, B., R. Lutes, M. Northam y P.L. Parker, 1982. A C^{13}/C^{12} comparison of food webs in Caribbean seagrass meadows and coral reefs. Aquatic Biol. **14**: 389-396.

Fry, B., 1983. Fish and shrimp migrations in the northern Gulf of Mexico analyzed using stable C, N, and S isotope ratios. Fishery Bulletin **81**(4): 789-801.

Fry, B., 1984. $^{13}C/^{12}C$ ratios and the trophic importance of algae in Florida *Syringodium filiforme* seagrass meadows. Mar. Biol. **79**: 11-19.

Fry, B. y E.B. Sherr, 1984. $\delta^{13}C$ Measurements as indicators of carbon flow in marine and freshwater ecosystems. Contribs. in Mar. Sci. 27: 13-47.

García-Cubas, A., 1981. Moluscos de un sistema lagunar tropical en el sur del Golfo de México (Laguna de Términos, Campeche). Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México. Publ. Esp. 5: 1-192.

Gracia, A. y L.A. Soto, 1986. Condiciones de reclutamiento de las poblaciones de camarones peneidos en un sistema lagunar-marino tropical: Laguna de Términos-Banco de Campeche. En: Yáñez-Arancibia, A. y D. Pauly (Eds.). IOC/FAO Workshop on Recruitment in Tropical Coastal Demersal Communities. IOC Workshop Report No. 44: 235-242.

Graham, D.S., J.P. Daniels, L.M. Hill y J.W. Day, 1981. A preliminary model of the circulation of Terminos Lagoon, Campeche, Mexico. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 8(1): 51-61.

Grivel-Piña, F. y R. Arce, 1975. Configuración cotidiana en la Laguna de Términos, Campeche. An. Inst. Geof. Univ. Nal. Auton. México 21: 139-144.

Hackney, C.T. y E.B. Haines, 1980. Stable carbon isotope composition of fauna and organic matter collected in a Mississippi estuary. Est. and Coast. Mar. Sci. 10: 703-708.

Haines, E.B., 1976. Stable carbon isotope ratios in the biota, soils and tidal water of a Georgia salt marsh. Est. and Coast. Mar. Sci. 4: 609-616.

Haines, E.B. y C.L. Montague, 1979. Food sources of estuarine invertebrates analyzed using C^{13}/C^{12} ratios. Ecology 60(1): 48-56.

Hildebrand, H.H., 1958. Estudios biológicos preliminares sobre la Laguna Madre de Tamaulipas. Ciencia 17: 131-173.

Ibarra, M., 1979. Examen preliminar de la fauna de crustáceos decápodos de la Laguna de Términos, Campeche, México: distribución y zoogeografía. Tesis de Maestría. Centro Cienc. del Mar y Limnol. CCH Univ. Nal. Auton. México. 80 p.

Jeffers, J.N.R., 1978. An Introduction to systems analysis: with ecological applications. Edward Arnold, Pub. Ltd. G.B. 198 p.

Juneau, C.L., 1977. A study of the seabob Xiphopenaeus kroyeri (Heller) in Louisiana. La. Dept. Wildlife and Fish. Tech. Bull. (24): 24 p.

Kitting, C.L., B. Fry y M.D. Morgan, 1984. Detection of inconspicuous epiphytic algae supporting food webs in seagrass meadows. Oecologia (Berl.) 62: 145-149.

Komer, P.D., 1976. Beach Processes and Sedimentation. Prentice-Hall, Inc. 429 p.

Mancilla Peraza, M. y M. Vargas Flores, 1980. Los primeros estudios sobre la circulación y el flujo neto de agua a través de la Laguna de Términos, Campeche. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Auton. México, 7(2): 1-12.

McConnaughey, T. y C.P. McRoy, 1979. ^{13}C label identifies eelgrass (*Zostera marina*) carbon in an Alaskan estuarine food web. Mar. Biol. 53: 263-269.

McMillan, C., P.L. Parker y B. Fry, 1980. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios in seagrasses. Aquatic Botany 9: 237-249.

Parker, P.L., 1964. The biogeochemistry of the stable isotopes of carbon in a marine bay. Geochim. et Cosmochim. Acta 28: 1155-1164.

Perez-Farfante, I., 1969. Western Atlantic shrimps of the genus *Penaeus*. US Fish. Wildl. Serv. Fish. Bull. 67(3): 461-591.

Perez-Farfante, I., 1970a. Diagnostic characters of juveniles of the shrimps *Penaeus aztecus aztecus*, *P. duorarum duorarum* and *P. brasiliensis* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). Spec. scient. Rep. US Fish. Wildl. Serv. (Fish) (559). 26 p.

Perez-Farfante, I., 1970b. Claves ilustradas para la identificación de los camarones comerciales de la América Latina. Inst. Nat. Inv. Biol. Pesq. Secr. Ind. y Comercio. México. 47 p.

Phleger, F.F. y Ayala-Castañares, 1971. Processes and history of Terminos Lagoon, Mexico. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull. (12): 2130-2140.

Pielou, E.C., 1984. The interpretation of ecological data. John Wiley & Sons, USA. 263 p.

Rashid, M.A. y G.E. Reinson, 1979. Organic matter in surficial sediments of the Miramichi Estuary, New Brunswick, Canada. Est. and Coast. Mar. Sci. 8: 23-38.

Rathbun, M.J., 1930. The canceroid crabs of America of the families Euryalidae, Portunidae, Atelecyclidae, Cancridae and Xanthidae. US Natl. Mus. Bull. 152: 609 p.

Raz-Guzman M., A. y R.A. Sosa L., 1982. Evaluación de la degradación de la vegetación halofita y su importancia en el sistema lagunar Huizache-Caimanero, Sinaloa, México. Tesis prof. Fac. de Ciencias. UNAM. 97 p.

Raz-Guzman M., A., A.J. Sanchez, L.A. Soto y F. Alvarez, 1986. Catálogo ilustrado de cangrejos braquiuros y anomuros de Laguna de Términos, Campeche (Crustacea: Brachyura, Anomura). An. Inst. Biol. Univ. Nal. Auton. Mex. 57, Ser. Zool. (2): 343-384, 30-XII.

Renfro, W.C., 1962. Small beam net for sampling postlarval shrimp. In: Galveston Biological Lab., June 30, 1962. U.S. Fish. Wildl. Serv. Circ. 161: 86-87.

Rodelli, M.R., J.N. Gearing, P.J. Gearing, N. Marshall y A. Sasekumar, 1984. Stable isotope ratio as a tracer of mangrove carbon in Malaysian ecosystems. Oecologia (Berl.) 61: 326-339.

Sánchez M., A., 1981. Comportamiento anual de las postlarvas epibénticas de camarones peneidos en el sector oriental de la Laguna de Términos, Campeche. Tesis prof. Fac. de Ciencias UNAM. 97 p.

Sánchez M., A.J., 1985. Distribución de las poblaciones de camarones de la Superfamilia Penaeoidea (Rafinesque, 1815), en el suroeste del Golfo de México. Tesis de Maestría. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UACPY-CCH. UNAM. 52 p.

Sánchez, A.J. y L.A. Soto, 1987. Camarones de la Superfamilia Penaeoidea (Rafinesque, 1815) distribuidos en la plataforma continental del suroeste del Golfo de México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México. 14: (en prensa).

Shackley, M.L., 1975. Archaeological sediments. Butterworths. 159 p.

Sherr, E.B., 1982. Carbon isotope composition of organic seston and sediments in a Georgia salt marsh estuary. Geochim. et Cosmochim. Acta 46: 1227-1232.

Shultz, D.J. y J.A. Calder, 1976. Organic carbon C13/C12 variations in estuarine sediments. Geochim. et Cosmochim. Acta 40: 381-385.

Signoret, M., 1974. Abundancia, tamaño y distribución de camarones (Crustacea, Penaeidae) de la Laguna de Términos, Campeche y su relación con algunos factores hidrológicos. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Auton. México. Ser. Zoología 45(1): 119-140.

Smith, B.N. y S. Epstein, 1971. Two categories of $^{13}C/^{12}C$ ratios for higher plants. Plant Physiol. 47: 380-384.

Tan, F.C. y P.M. Strain, 1979. Organic carbon isotope ratios in recent sediments in the St. Lawrence Estuary and the Gulf of St. Lawrence. Est. and Coast. Mar. Sci. 8: 213-225.

Thayer, G.W., J.J. Govoni y D.W. Connally, 1983. Stable carbon isotope ratios of the planktonic food web in the northern Gulf of Mexico. Bull. of Mar. Sci. 33(2): 247-256.

Tieszen, L.L., T.W. Boutton, K.G. Tesdahl y N.A. Slade, 1983. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: Implications for $\delta^{13}C$ analysis of diet. Oecologia (Berl.) 57: 32-37.

Valdés L., D.S., 1982. Cuantificación de los materiales suspendidos y disueltos que aportan los ríos a Laguna de Términos, Campeche. Problemas de investigación. Posgrado en Ciencias del Mar. UACPY-CCH. UNAM. (infidito).

Vazquez-Botello, A., 1978. Variación de los parámetros hidroclimáticos en las épocas de sequía y lluvias (mayo y noviembre de 1974) en la Laguna de Términos, Campeche, México. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México 5: 159-178.

Wedepohl, K.H., 1971. Geochemistry. Holt, Rinehart and Winston, Inc. USA. 231 p.

Williams, A.B., 1965. Marine decapod crustaceans of the Carolinas. Fish. Bull. 65(1): 1-298.

Williams, A.B., 1984. Shrimps, lobsters and crabs of the Atlantic Coast of the Eastern US, Maine to Florida. Smithsonian Institution Press, USA. 550 p.

Yáñez, A., 1963. Batimetría, salinidad, temperatura y distribución de los sedimentos recientes de la Laguna de Términos, Campeche, México. Inst. Geol. Univ. Nal. Auton. México 67(1) 47 p.

Yáñez-Correa, A., 1971. Procesos costeros y sedimentos recientes de la plataforma continental al sur de la Bahía de Campeche. Soc. Geol. Mexicana 32(2): 75-115.

Yáñez-Arancibia, A. y J.W. Day, 1982. Ecological characterization of Terminos Lagoon, a tropical lagoon-estuarine system in the southern Gulf of Mexico. Oceanol. Acta, Proc. Intl. Symp. on coastal lagoons. SCOR/IABO/UNESCO, France. 8-14 Sept., 1981. pp. 431-440.

Zar, J.H., 1974. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc. USA. 620 p.

Agradecimientos.

A la Dra. Guadalupe De la Lanza Espino por su valiosa dirección y asesoría en la elaboración de esta tesis. A los miembros del Jurado, Dr. Luis A. Soto González, M. en C. Adolfo Gracia Gasca, Dr. Alfonso Vazquez-Botello, y M. en C. Jose R. Latournerie Cervera por sus indicaciones en la revisión del manuscrito.

Al M. en C. Alberto Sánchez Martínez por su orientación y estímulo durante el desarrollo de este trabajo.

A la Fis. Alejandra Cortes Silva, y al Quím. Salvador Ramos Solorzano, del Laboratorio de Espectrometría de Masas del Instituto de Física, UNAM, por su confianza y especial asesoría en la preparación de las muestras para análisis isotópico y en el manejo de la línea de vacío, y por las horas de trabajo que ofrecieron para la obtención de los valores de $\delta^{13}C$.

Al Biol. Pedro Ramírez García, del Departamento de Botánica del Instituto de Biología, UNAM, por su asesoría en el análisis multivariado de conglomerados efectuado en el tratamiento de la información.

Al Dr. Brian Fry, del Marine Biological Laboratory del Ecosystems Center en Woods Hole, MA, por las sugerencias enviadas por carta.

Al Biol. Carlos Candelaria Silva, del Laboratorio de Ficología de la Facultad de Ciencias, UNAM, por la identificación de las algas colectadas en Laguna de Términos, y al Biol. Francisco Soberón, del Laboratorio de Microcine y Fotografía Científica de la Facultad de Ciencias, UNAM, por la elaboración del material fotográfico.

A mis compañeros de los laboratorios de Química y Productividad Acuáticas del Instituto de Biología, y de Ecología del Benthos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología en los cuales se realizó este proyecto, por su amistad y apoyo en el trabajo de campo y de laboratorio.

A las autoridades de los institutos de Biología y de Ciencias del Mar y Limnología por las facilidades brindadas, así como a las del Instituto de Física y a los integrantes del Laboratorio de Espectrometría de Masas a cargo del M. en C. Pedro Morales Puente, quienes hicieron posible la implementación de la técnica para el análisis del carbono isotópico estable de las muestras orgánicas de Laguna de Términos.

Este trabajo se terminó con el apoyo brindado por CONACYT mediante la beca de tesis de maestría, No. de registro 51915.