



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLOGICAS

***"ACIDOS GRASOS COMO BIOMARCADORES DE LAS FUENTES
DE CARBONO ORGANICO A LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES
DE LA PARTE NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA"***

**TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO
EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFIA COSTERA**

PRESENTA:

OCEAN: *JUAN ANGEL CHAVEZ VARGAS*

ENSENADA, B.C.

NOVIEMBRE DE 1997.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLOGICAS

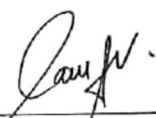
*"ACIDOS GRASOS COMO BIOMARCADORES DE LAS FUENTES DE
CARBONO ORGANICO A LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES
DE LA PARTE NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA"*

TESIS


QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO
EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFIA COSTERA

PRESENTA:

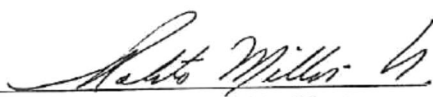
OCEAN: *JUAN ANGEL CHAVEZ VARGAS*



Dr. Victor F. Camacho Ibar
PRESIDENTE DEL JURADO



Dr. José D. Carriquiry Beltrán
SINODAL PROPIETARIO



Dr. Roberto Millán Nuñez
SINODAL PROPIETARIO

ENSENADA, B.C.

NOVIEMBRE DE 1997.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar el origen de la materia orgánica de los sedimentos superficiales de la región Norte del Golfo de California (NGC) utilizando ácidos grasos como biomarcadores. En la actualidad el NGC no recibe aportes significativos de agua y sedimentos del Río Colorado, lo que limita los aportes de materia orgánica terrestre hacia este sistema. Además, el NGC se considera como un sistema altamente productivo por lo que se esperaría que los aportes de materia orgánica autóctona hacia los sedimentos puedan ser importantes. Se trabajó con 42 muestras de sedimentos superficiales colectadas durante dos cruceros oceanográficos realizados en agosto de 1995. La composición de ácidos grasos fue analizada mediante cromatografía de gases y espectrometría de masas.

Se observó una correlación ($r^2 = 0.5$) entre las concentraciones de los ácidos grasos totales y el contenido de carbono orgánico, observándose un incremento hacia las zonas profundas de las cuencas Wagner y Delfin y una disminución hacia las regiones someras. Los ácidos se clasificaron en 6 grupos mediante el AC y en 5 factores, asociados a 6 fuentes distintas, mediante el AF modo-R. Las fuentes determinadas fueron: fitoplanctónica, zooplanctónica, terrestre y tres de bacterias (bacterias A, B y sulfato-reductoras). Las estaciones de muestreo se agruparon en 6 regiones: Alto Golfo, Costa de Sonora, Cuenca Wagner, Costa de Baja California, y Cuenca Tiburón. En comparación con otras fuentes, los aportes fitoplanctónicos fueron mayores en las regiones someras del Alto Golfo y Costa de Sonora y concuerdan con las zonas altamente productivas del NGC. En estas regiones someras, los aportes zooplanctónicos fueron menores que en las cuencas Tiburón y Delfin y en la Costa de Baja California. La contribución terrígena fue mayor en las regiones de las cuencas Tiburón y Delfin., su presencia en las zonas profundas y la lejanía de sus fuentes (Río Colorado) se relaciona con la resuspensión de los sedimentos finos del Delta del Río Colorado y su transporte por corrientes y refluo de mareas. Además, factores como la matriz del sedimento, el retrabajamiento y el efecto de la diagénesis controlan la abundancia de esta y las otras fuentes. Este último factor podría ser el más importante al observarse una degradación intensa sobre los ácidos grasos fitoplanctónicos en las regiones profundas y reflejándose también en los aportes de las fuentes bacterianas que tuvieron una contribución significativa en el aporte de carbono orgánico a los sedimentos del NGC. En las regiones profundas de las cuencas Wagner y Delfin se observó un mayor aporte de la fuente bacteriana (A) caracterizada por un dominio en la razón 15:0/15:0. El aporte de la fuente bacteriana (B) fue mayor en las regiones someras de la Costa de Baja California y Alto Golfo, aunado, con el dominio en la razón 15:0/15:0. Esto sugiere que las bacterias B tienen una preferencia por sedimentos bien oxigenados. Para la Costa de Sonora se observó un mayor aporte de bacterias sulfato-reductoras y un dominio en la razón 10me16:0/15:0 lo que sugiere la presencia de condiciones anóxicas en estos sedimentos.

Dedicatoria

A la memoria de mi hermano:

CARMELO

La vida fue cruel con él. Carmelo (físicamente) jamás estará en casa, pero sus recuerdos y nuestro amor por él ... Siempre.

A mis padres:

J. Trinidad y Amparo
J. Soledad y Ma. Soledad

Quienes siempre se preocupan por el futuro de sus hijos, por su amor incondicional.

A mis hermanos:

Chávez Vargas
Vargas Avila

Inseparables amigos de siempre, por su comprensión y apoyo.

A toda mi familia:

Por estar siempre unida.

A TODOS UNA INFINIDAD DE GRACIAS.....

Agradecimientos

Al Dr. Victor F. Camacho Ibar, director de esta tesis, por su apoyo, disponibilidad de su valioso tiempo para la realización de este trabajo y por todas las molestias causadas por mi parte.

A los sinodales Dr. José D. Carriquiry Beltrán y Dr. Roberto Millán Nuñez, por su ayuda, tiempo y valiosas sugerencias a este trabajo.

Al CONACyT, por el apoyo económico (Beca CONACyT, registro número: 88648) otorgado durante mis estudios de la maestría.

Este trabajo forma parte del proyecto: “Efectos de las Descargas del Río Colorado en la Geoquímica del Alto Golfo de California” (CONACyT 3929-T). El GC-MS se adquirió con fondos del proyecto de infraestructura CONACyT F538-T9309.

Al personal del Departamento de Geoquímica Ambiental del IIO por su ayuda dentro y fuera del laboratorio.

Al personal del B.O. Francisco de Ulloa y al ICMYL-UNAM por la donación del tiempo del B. O. El Puma.

A mis compañeros de trabajo durante los análisis de los ácidos grasos: Sergio Aguiñiga y Jorge Pacheco.

A mi familia por el apoyo económico brindado durante tanto tiempo: mis padres, hermanos y tios (as). Tio Carlos y Araceli y sus hijos (Karla, Ana y Carlos).

A Sol por su apoyo, tiempo y amistad.

A todos mis amigos por su amistad.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION.....	1
1.1. <i>Antecedentes</i>	4
2. OBJETIVO.....	7
2.1. <i>Hipótesis</i>	7
3. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	8
4. MATERIALES Y METODOS.....	11
4.1. <i>Colecta de los sedimentos superficiales</i>	11
4.2. <i>Procedimiento analítico</i>	11
4.2.1. <i>Extracción de los lípidos totales</i>	12
4.2.2. <i>Saponificación del extracto lipídico total</i>	12
4.2.3. <i>Derivatización de los lípidos ácidos</i>	13
4.2.4. <i>Purificación de los FAMES</i>	13
4.2.5. <i>Identificación y cuantificación de los FAMES</i>	14
4.3. <i>Procesamiento de los datos</i>	15
4.3.1. <i>El Análisis Cluster (AC)</i>	15
4.3.2. <i>El Análisis Discriminante (AD)</i>	15
4.3.3. <i>El Análisis Factorial (AF)</i>	16
4.3.4. <i>Estadística Descriptiva</i>	17
4.3.5. <i>Razones entre ácidos grasos</i>	17

5. RESULTADOS.....	18
5.1. <i>Acidos grasos en el NGC</i>	18
5.2. <i>Agrupación de los ácidos grasos</i>	19
5.3. <i>El Análisis Factorial en modo-R</i>	24
5.4. <i>Agrupación de las estaciones de muestreo</i>	26
6. DISCUSIONES.....	30
6.1. <i>Acidos grasos totales</i>	30
6.2. <i>Fuentes de ácidos grasos en el NGC</i>	33
6.3. <i>Regionalización del NGC</i>	36
6.4. <i>Aportes de las fuentes al NGC</i>	44
6.4.1. <i>Aportes Fitoplanctónicos</i>	49
6.4.2. <i>Aportes Zooplanctónicos</i>	52
6.4.3. <i>Aportes Terrígenos</i>	53
6.4.4. <i>Aportes Bacterianos</i>	55
7. CONCLUSIONES.....	60
8. LITERATURA CITADA.....	62
APENDICE 1: FIGURAS.....	66
APENDICE 2: TABLAS.....	75

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Localización del área de estudio y estaciones de muestreo de los sedimentos superficiales.	9
2	Distribución espacial de la concentración de los ácidos grasos totales ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en los sedimentos superficiales del NGC.	21
3	Dendrograma del AG modo-R para los ácidos grasos, obtenido a partir del Coeficiente de Correlación de Pearson (1-Pearson r) y el método de Aglomeración promedio entre grupos (UPGMA).	23
4	Gráfica con los 35 ácidos grasos que representan los valores de las dos primeras funciones canónicas discriminantes. Se muestra la separación de los 6 grupos de los ácidos grasos.	23
5	Representación gráfica de los eigenvalores y porcentaje total de la varianza del Análisis Factorial en modo-R para los 35 ácidos grasos. La línea horizontal señala los eigenvalores que se tomaron para el AF.	25
6	Análisis Factorial en modo-R. Carga de los factores rotados para los 35 ácidos grasos. Extracción por Componentes principales y Rotación Varimax. Los cinco factores explican el 78% de la varianza total.	25
7	Dendrograma del AG en modo-Q para las estaciones, obtenido a partir del método de Aglomeración de Unión Completa y del Coeficiente de Distribución Euclideana.	27
8	Regiones definidas por el AG modo-Q. R-1, Alto Golfo; R-2, Costa de Sonora; R-3, Cuenca Wagner; R-4, Cuenca Delfín; R-5, Costa de Baja California y R-6, Cuenca Tiburón.	28
9	Distribución espacial de carbono orgánico total (%) en los sedimentos superficiales del NGC.	32

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
10	Distribución relativa de los ácidos grasos en los sedimentos superficiales del NGC. Estación "AU01", representante del Grupo 1. 1A, 1B, moinsaturados A y B. PA, PB, PC, polinsaturados A, B y C.	38
11	Distribución relativa de los ácidos grasos en los sedimentos superficiales del NGC. Estación "EU04", representante del Grupo 5. 1A, 1B, moinsaturados A y B. PA, PB, PC, polinsaturados A, B y C.	39
12	Distribución relativa de los ácidos grasos en los sedimentos superficiales del NGC. Estación "BP03", representante del Grupo 2. 1A, 1B, moinsaturados A y B. PA, PB, PC, polinsaturados A, B y C.	41
13	Distribución relativa de los ácidos grasos en los sedimentos superficiales del NGC. Estación "AP09", representante del Grupo 3. 1A, 1B, moinsaturados A y B. PA, PB, PC, polinsaturados A, B y C.	43
14	Distribución relativa de los ácidos grasos en los sedimentos superficiales del NGC. Estación "FU12", representante del Grupo 4. 1A, 1B, moinsaturados A y B. PA, PB, PC, polinsaturados A, B y C.	45
15	Distribución relativa de los ácidos grasos en los sedimentos superficiales del NGC. Estación "KP01", representante del Grupo 6. 1A, 1B, moinsaturados A y B. PA, PB, PC, polinsaturados A, B y C.	46
16	Contribuciones porcentuales de las fuentes del fitoplancton (Fito), zooplancton (Zoo), bacterias (Bact A, B y C:sulfato-reductoras), y terrestre (Terres) para las regiones del NGC.	48
17	Razones de los ácidos grasos 10me16:0, i15:0 y a15:0 vs. 15:0, en los sedimentos superficiales del NGC. Ordenación por grupos de estaciones.	57

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Estaciones de muestreo, ácidos grasos totales (A.G.T.) y profundidad (Z) de colecta de los sedimentos superficiales del NGC.	20
2	Acidos grasos utilizados como biomarcadores para determinar las contribuciones de las fuentes para cada grupo de estaciones	47

1. INTRODUCCION

La materia orgánica presente en los sedimentos marinos esta compuesta de una mezcla de material que proviene de varias fuentes. Cantidades apreciables de este material pueden ser de plantas terrestres, fitoplancton, macroalgas bentónicas y de macro y microheterótrofos (Quemeneur y Marty, 1992). Su composición depende de la naturaleza del material particulado aportado desde la columna de agua (Wakeham y Beier, 1991), el cual durante su hundimiento es transformado por la acción de diferentes organismos que consumen, alteran metabólicamente y degradan la materia orgánica (Colombo *et al.*, 1996).

En sistemas costeros donde la productividad es alta y el tiempo de residencia de las partículas en la columna de agua es corto, un gran porcentaje de la materia orgánica alcanza la interfase sedimento-agua (Canuel y Martens, 1993). Sin embargo, se ha reportado que del 30% al 90% del material depositado en los sedimentos puede llegar a ser remineralizado durante la diagénesis temprana (Henrichs, 1992), proceso por el cual ocurren cambios en la calidad y composición de la materia orgánica.

A pesar de que los lípidos, particularmente la fracción de los ácidos grasos, representan una pequeña porción de la materia orgánica total del sedimento, estos son de sumo interés en el campo de la geoquímica marina (Reemtsma *et al.*, 1990) debido a la información que guardan sobre la formación, transformación, procesos de degradación y destino de la materia orgánica en la columna de agua y sedimentos (Reemtsma e Ittekkot, 1992).

Los ácidos grasos se han empleado para determinar las fuentes de la materia orgánica en material colectado con trampas de sedimento en la columna de agua y en los sedimentos marinos (Volkman *et al.*, 1980; Mayzaud *et al.*, 1989; Wakeham y Beier, 1991; Najdek,

1993; Kortzinger *et al.*, 1994). También se han empleado en la determinación del estatus fisiológico del fitoplancton durante florecimientos fitoplanctónicos (Skerratt *et al.*, 1995; Hayakawa *et al.*, 1996), e inclusive para estimar aportes de material antropógeno en zonas costeras con una influencia de aguas residuales (Quemeneur y Marty, 1992).

Con el análisis de los ácidos grasos se pueden inferir fuentes de origen alóctono y autóctono, y establecer si provienen de plantas terrestres, macroalgas, fitoplancton, zooplancton o bacterias (Canuel y Martens, 1993). Por ejemplo, los ácidos grasos saturados con más de 22 carbonos son atribuidos a plantas terrestres (Wakeham y Beier, 1991; Reemtsma e Ittekkot, 1992; Kortzinger *et al.*, 1994), en tanto, los ácidos grasos 18:2 ω 9, 18:3 ω 9 y los monoinsaturados de 20 carbonos, sugieren una fuente zooplanctónica (Sicre *et al.*, 1988; Wakeham y Beier, 1991). Wakeham y Beier (1991) examinaron la composición de ácidos grasos en material particulado y sedimentos superficiales en la cuenca profunda del Mar Negro, encontrando en la columna de agua una mezcla de ácidos grasos fitoplanctónicos y zooplanctónicos. En este estudio fueron abundantes los ácidos 16:1 y 20:5 provenientes de diatomeas y los polienólicos de 18 carbonos asociados a primnesiofitas o dinoflagelados. Incrementó la abundancia de los ácidos ramificados de 15 y 17 carbonos (considerados de bacterias) en la zona anóxica, y en los sedimentos predominaron los ácidos grasos 14:0 y 16:0 (60%), mientras que los saturados >24 carbonos y los polinsaturados >18 carbonos fueron poco abundantes; las abundancias de los ácidos a15:0 y 16:1 fueron menores que las encontradas en el material particulado fino. En otro estudio de sedimentos costeros superficiales, Canuel y Martens (1993) observaron diferencias estacionales en las fuentes de materia orgánica, siendo en primavera más abundantes los ácidos grasos polinsaturados de

20 y 22 carbonos, estos asociados a microalgas, en tanto, en verano fueron abundantes los ácidos grasos ramificados iso y anteiso de 15 y 17 carbonos atribuidos a bacterias.

La utilización de los ácidos grasos como indicadores del origen de la materia orgánica en sedimentos acuáticos debe realizarse con cautela, debido a que existen muchas fuentes potenciales de carbono orgánico, y algunas de estas pueden presentar una composición similar en ácidos grasos. Además, puede presentarse la degradación preferencial de algunos ácidos grasos que es parcialmente determinada tanto por la estructura molecular de cada ácido, como por las características fisicoquímicas del ambiente depositacional; por ejemplo, se ha reportado que los ácidos grasos polinsaturados son más fácilmente degradados (Volkman *et al.*, 1980). En un estudio de la degradación y preservación de la materia orgánica en sedimentos anóxicos, Sun y Wakeham (1994) reportaron una mayor degradación de los lípidos lábiles en los primeros 2 cm del sedimento, siendo, en general, más reactivo el grupo de los ácidos insaturados de 14-18 carbonos y los ramificados de 15-18 carbonos que los ácidos saturados. Sin embargo, a nivel individual el ácido 24:0 presentó una mayor tasa de degradación que el ácido insaturado 16:1 ω 7 y los ramificados de 15 carbonos. Por otra parte, Canuel y Martens (1996) encontraron que los ácidos saturados >24 carbonos, considerados de origen terrestre, son diagenéticamente más estables que los ácidos derivados del fitoplancton 14:0 y 16:1 ω 7, y los polinsaturados de 20 carbonos (20:4 + 20:5). Aparentemente, además de la estructura molecular, otros factores como las fuentes específicas, la alteración previa a la depositación y la asociación física con varias matrices protectoras son importantes para determinar la reactividad de los compuestos lipídicos en ambientes acuáticos (Sun y Wakeham, 1994).

Recientemente, se han aplicado métodos estadísticos multivariados para distinguir diferentes fuentes de materia orgánica en material disuelto, particulado y sedimento (Shaw y Johns, 1986; Sicre *et al.*, 1988; Mayzaud *et al.*, 1989; Reemtsma e Ittekkot, 1992), utilizando ácidos grasos como biomarcadores. Por ejemplo, Shaw y Johns (1986) identificaron una fuente de material derivado de plantas terrestres, tres fuentes de bacterias y dos de microbios o invertebrados, utilizando el análisis factorial. Sicre *et al.* (1988) utilizaron el análisis de correspondencia factorial y análisis de Grupos para determinar las fuentes de carbono en material disuelto y particulado. Encontraron en el material particulado un mayor aporte de material fitoplanctónico, mientras que, en el disuelto encontraron un dominio de ácidos grasos de bacterias. Reemtsma e Ittekkot (1992) emplearon el análisis de componentes principales y los componentes resultantes representaron cuatro fuentes: fitoplancton, zooplancton, bacterias y material de plantas terrestres.

En el presente estudio se determinaron las principales fuentes de carbono orgánico hacia los sedimentos superficiales de la región Norte del Golfo de California (NGC), utilizando ácidos grasos como biomarcadores. Para interpretar la información resultante es necesario considerar los posibles cambios generados por el decremento en las descargas del Río Colorado, los procesos de resuspensión y dispersión de los sedimentos, y las diferencias en la producción autóctona de carbono entre varias regiones del NGC.

1.1. Antecedentes

En la región del NGC se han realizado estudios sobre batimetría, estructura vertical termohalina, corrientes y mareas, hidrología, productividad primaria, distribución de Chl "a", distribución de especies de fitoplancton y zooplancton y textura de los sedimentos, entre

otros. Sin embargo, hasta ahora no se han reportado estudios de geoquímica orgánica en los sedimentos. Particularmente, estudios sobre producción, transporte y destino final de la materia orgánica son nulos.

Durante el último siglo ha existido un decremento en las descargas de agua del Río Colorado hacia el NGC, causado por el aumento en la utilización del agua para la agricultura y la construcción de represas, con una disminución de $21.37 \times 10^9 \text{ m}^3$ (promedio anual) entre 1910-1920, hasta alcanzar $0.85 \times 10^9 \text{ m}^3$ en 1960-1970 (Baba *et al.*, 1991a). La disminución en las descargas del Río Colorado ha provocado un desabastecimiento de materia orgánica de origen alóctono al NGC, provocando tal vez cambios en los ciclos biogeoquímicos del lugar, incluyendo la composición del carbono orgánico de los sedimentos superficiales.

Mediante análisis de imágenes de satélite del CZCS, Santamaría-del Angel *et al.* (1994) dividieron el NGC en siete regiones biogeográficas en base a las variaciones espaciales y temporales de la biomasa fitoplanctónica de noviembre de 1978 a junio de 1986. Se distinguieron el Alto Golfo y una región al norte de la Isla Tiburón por presentar mayor biomasa que la región central y la región del lado oeste y al norte de la Isla Angel de la Guarda. Las concentraciones máximas de pigmentos de 36 mg m^{-3} se observaron en la región I, localizada en el Alto Golfo, y las mínimas de 0.04 mg m^{-3} en la región IV, ubicada al norte de la Isla Angel de la Guarda (Santamaría-del Angel *et al.*, 1994).

Estudios de Chl "a" establecen valores superficiales altos de 40 mg m^{-3} en regiones de las costas de Baja California y Sonora (Gendrop-Funes, 1978), y valores bajos de $\sim 3.0 \text{ mg m}^{-3}$ en el área de las grandes islas (Gaxiola-Castro *et al.*, 1995). Estas concentraciones son relativamente altas en comparación a las reportadas para el norte del Océano Pacífico de 0.5

mg m^{-3} , a las de zonas costeras de <1 a 20 mg m^{-3} (Lalli y Parsons, 1993) y a las registradas en el área del Perú de 2 a 26 mg m^{-3} (Raymont, 1980). Aunque, son inferiores, por ejemplo, a las del Estuario Hudson, Nueva York, de 40 - 60 mg m^{-3} (Mann y Lazier, 1991).

La productividad primaria del NGC es considerada alta (Zeitzshel, 1970). Reportes establecen valores altos de hasta $381 \text{ mgC m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ en el Canal de Ballenas (Gaxiola-Castro *et al.*, 1995), de $55 \text{ mgC m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ al norte de la Isla Angel de la Guarda (Valdez-Holguín *et al.*, 1995) y bajos de entre 0.5 a $7 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ en el Delta del Río Colorado (Orozco-Borbón, 1995). Los valores altos son comparables a los reportados para la Corriente de California de ~ 20 a $200 \text{ mgC m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ (Mann y Lazier, 1991) y para la zona de surgencias del Perú de 42 a $146 \text{ mgC m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, y los bajos a las regiones de mar abierto de $\sim 4 \text{ mgC m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ (Raymont, 1980).

Orozco-Borbón (1995) reportó que la productividad bacteriana (entre ~ 9 - $18 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) en el Delta del Río Colorado es mayor que la productividad orgánica primaria. Sugiere que las bacterias en el Delta del Río Colorado constituyen la principal fuente de carbono para el plancton, las cuales tienen un origen bentónico al igual que las de Santa Clara, sin embargo, en San Felipe un mayor porcentaje de las bacterias son de vida libre.

Farfán y Alvarez-Borrego (1992), reportaron para el Delta del Río Colorado valores de biomasa del zooplancton de hasta 154 mg m^{-3} , en donde, los copépodos calanoideos fueron el grupo taxonómico más abundante, tanto, numéricamente como en términos de biomasa.

En estudios sobre la distribución del fitoplancton, Hernández-Becerril (1985) reportó un dominio del grupo de las diatomeas, seguida por los dinoflagelados y cocolitoforidos, sin embargo, Millán-Núñez (1992) reportó un dominio del grupo de los nanoflagelados sobre el

de diatomeas y dinoflagelados, encontrando que los organismos menores de 10 μm fueron los más abundantes, en tanto, las fracciones de 10-20 μm y >20 μm representaron una sexta parte de la fracción dominante. En otro estudio, Gaxiola-Castro *et al.* (1995) reportaron altas abundancias de fitoplancton de tamaño >20 μm , en donde, las diatomeas y dinoflagelados representaron entre el 70 y 100 % del fitoplancton total.

También se sugiere que la resuspensión y retrabajamiento de los sedimentos en las plataformas someras juegan un papel importante en el transporte de los sedimentos (Baba *et al.*, 1991a) hacia las cuencas profundas del NGC. Por lo tanto, es necesario considerar estos procesos para entender la distribución del material orgánico en los sedimentos superficiales de esta región.

2. OBJETIVO

Cuantificar las principales fuentes de carbono orgánico hacia los sedimentos superficiales de la parte Norte del Golfo de California mediante el uso de biomarcadores de ácidos grasos.

2.1. Hipótesis:

El Norte del Golfo de California presenta varias regiones con diferencias en la productividad primaria de la columna de agua, situación que posiblemente sea reflejada con diferencias en la composición de los ácidos grasos en los sedimentos superficiales de esta zona.

3. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El Golfo de California se encuentra ubicado en la costa occidental de México, entre los 25° y 32° N, y los 107° y 115° O. Se orienta de noroeste a sureste entre la península de Baja California y el occidente del continente de México. Tiene una longitud aproximada de 1000 km con un ancho que varía entre 100 y 200 km. Topográficamente, una secuencia de umbrales divide al golfo en una serie de cuencas cuyas profundidades disminuyen hacia el norte.

La parte Norte del Golfo de California (Fig.1) es esencialmente una plataforma continental con profundidades máximas a lo largo del Canal de Ballenas (1500 m) ubicado al lado oeste de la Isla Angel de la Guarda, la Cuenca Delfín (800 m) y la Cuenca Wagner (200 m)(Bray, 1988a). Las partes más someras se encuentran localizadas en la cabeza del golfo en el área del Delta del Río Colorado y sobre las zonas costeras del lado este y oeste del NGC. En la región de las islas la marea es principalmente semidiurna con un rango de alrededor de 2 m y con fuertes corrientes que alcanzan velocidades de hasta 0.5 m s^{-1} . En el Delta del Río Colorado el rango de marea se incrementa de los casi 2 m a máximos de 10 m (Bray, 1988b). Las corrientes residuales inducidas por la marea (las más importantes) en la región del NGC, establecen una circulación general en el sentido de las manecillas del reloj en la mayor parte de la zona, con algunos giros menores en las zonas someras del NGC. Estas corrientes generan algunos centros de atrapamiento de partículas, ubicado el mayor de ellos sobre la Cuenca Delfín y otros de menor dimension sobre las costas NGC (Marinone y Lavín, 1997).

Las mayores salinidades se encuentran en la superficie, con valores que exceden las 36 ‰ sobre las zonas más someras del Delta del Río Colorado (Bray, 1988a). Se han registrado masas de agua con salinidades $>35.40 \text{ ‰}$ y temperaturas entre los 14.8 y 15 °C,

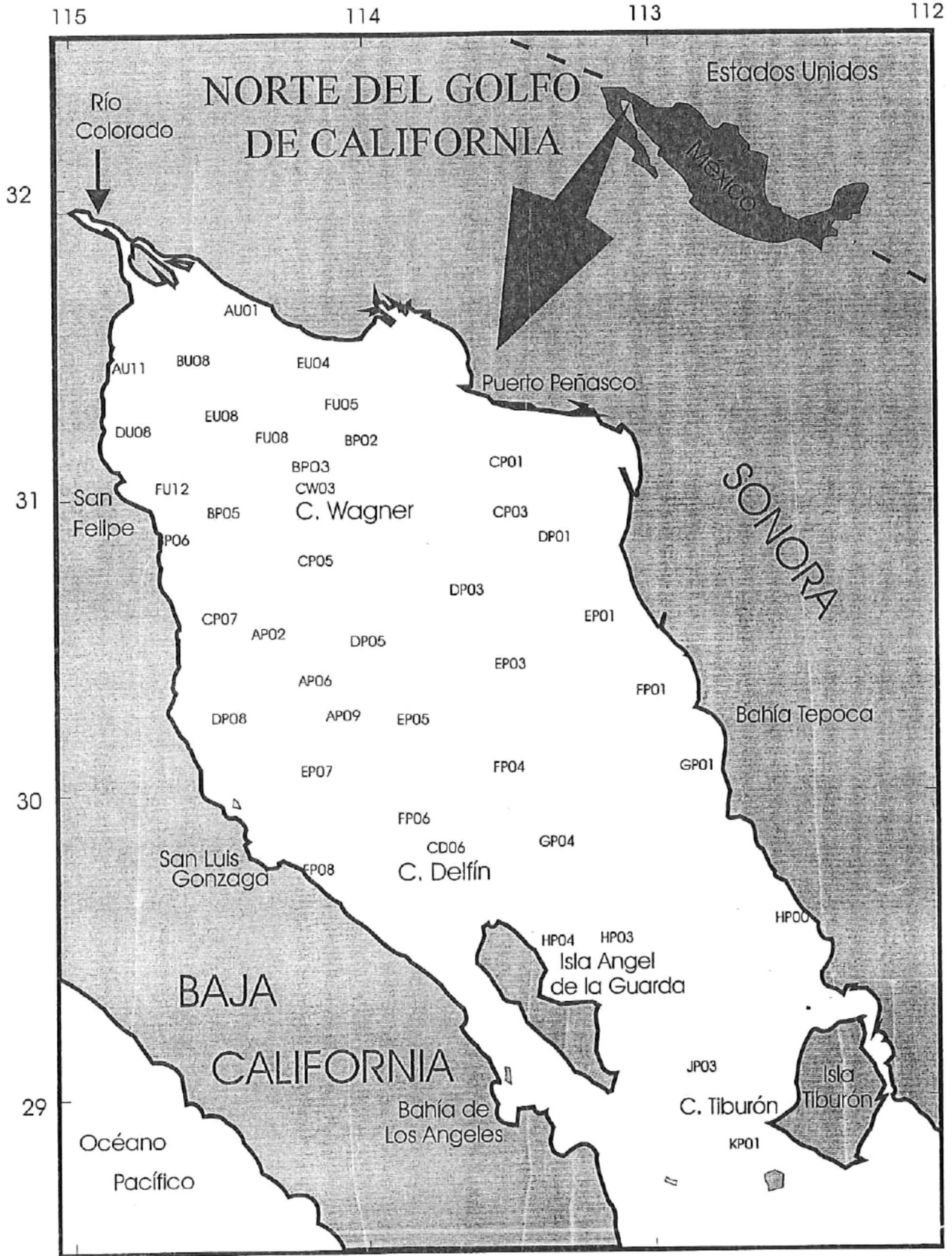


Figura 1. Localización del área de estudio y estaciones de muestreo de los sedimentos superficiales.

distribuidas en las zonas someras de ambas costas, las cuales se extienden como una capa de fondo de unos 40 m de espesor hasta el fondo de la Cuenca Wagner (Lavín *et al.*, 1989).

En la Cuenca Wagner, en invierno de 1988, se reportó un contenido de oxígeno >4 ml l⁻¹, mayor que el encontrado a la misma profundidad en la Cuenca Delfín de ~ 2.5 ml l⁻¹. Además, entre la Cuenca Wagner y Delfín se reportó un domo con salinidades altas (35.43 ‰), con un contenido bajo de silicatos (12.6 μ M), nitratos (4.0 μ M) y relativamente bajo de fosfatos (2.7 μ M), que sugieren una entrada de agua de las zonas someras (Lavín *et al.*, 1995). En tanto, en el área comprendida entre las grandes islas se han reportado concentraciones altas de nitratos en la superficie de 10 a 18 μ M (Gaxiola-Castro *et al.*, 1995).

La textura de los sedimentos muestra del lado este del NGC, donde las profundidades no exceden los 200 m, sedimentos arenosos que se extienden hacia la Cuenca Tiburón y en las cuencas profundas (Wagner y Delfín) sedimentos arcillo-limosos (Van Andel, 1964, Baba *et al.*, 1991b).

Van Andel (1964) reportó una alta acumulación de sedimentos terrígenos en la Cuenca Delfín de 632-758 gm⁻² año⁻¹ y Baba *et al.* (1991a) reportaron tasas de sedimentación de 2.5 a 4.0 cm año⁻¹ para la misma cuenca. Altos valores de la razón cuarzo/feldespatos para las fracciones de arcillas (media Q/F = 0.74) y limos (media Q/F = 1.04) fueron encontrados al norte de la Isla Angel de la Guarda, lo cual indica que muchos de los sedimentos terrígenos de grano fino provienen del Río Colorado (Baba *et al.*, 1991b).

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. *Colecta de los sedimentos superficiales*

Los sedimentos superficiales fueron colectados en el mes de agosto de 1995, durante dos cruceros oceanográficos GAGO-1 y GAGO-2, a bordo de los barcos oceanográficos “Francisco de Ulloa” y “El Puma”, respectivamente. Del total de muestras colectadas durante ambos cruceros, se seleccionaron solo 42 muestras cubriendo el área comprendida desde la región del delta del Río Colorado hasta la Isla Tiburón (Fig. 1). Los sedimentos fueron colectados con una draga tipo Van Veen de donde los 2 primeros centímetros fueron colectados y almacenados a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ en frascos de vidrio de 250 ml en el barco. Posteriormente, las muestras se llevaron al Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO) de la Universidad Autónoma de Baja California, donde se mantuvieron a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su análisis en el laboratorio de la División de Geoquímica Ambiental.

4.2. *Procedimiento analítico*

El análisis de los lípidos se realizó según el método reportado por Wakeham y Beier (1991), con algunas modificaciones. El método consta de cinco etapas: extracción, saponificación, derivatización, purificación e identificación y cuantificación. Cada etapa se describe a continuación.

Toda la cristalería se lavó con detergente Micro, se enjuagó con agua desionizada y se calcinó a $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 4 hrs. Antes de utilizarse, toda la cristalería se enjuagó con metanol y luego con diclorometano. Previo al proceso de extracción, el NaCl, HCl, KOH, Na_2SO_4 , silica gel y agua desionizada se sometieron a un proceso de extracción con diclorometano o con hexano.

4.2.1. Extracción de los lípidos totales

Se pesaron ~30 gr de sedimento húmedo previamente homogenizado. La muestra se colocó en un sistema Soxhlet y se extrajo durante ~36 hrs con una mezcla de diclorometano:metanol (1.8:1 v/v) (solventes B&J, grado GC). El extracto fue transferido a un embudo de separación conteniendo ~60 ml NaCl (5%), se agitó y se dejó reposar hasta la separación de dos fases. La fase de diclorometano fue colectada en un matríz y la otra fase conteniendo el metanol y el NaCl se desechó. La fase de diclorometano se transfirió a un embudo de separación y se repitió el lavado con NaCl. El extracto orgánico se concentró en un rotaevaporador y se dejó en Na_2SO_4 anhidro por 12 hrs.

4.2.2. Saponificación del extracto lipídico total

Una alícuota del extracto lipídico total fue transferida a un tubo de ensaye. Se adicionó el estándar de recuperación, metilnonadecanoato (C19:0), y se secó con N_2 . Se agregaron ~2 ml de KOH-MeOH (0.5N) y 2 ml de H_2O desionizada. El tubo se colocó en un bloque de calentamiento a ~110 °C durante 2 hrs.

Terminada la saponificación se extrajeron los lípidos neutros agregando al tubo de ensaye 2 ml de hexano. Este se agitó en un vortex y se centrifugó a 1500 rpm por 5 min. La fase de hexano se transfirió a un tubo de ensaye limpio. Esta extracción se realizó tres veces. La extracción de los lípidos ácidos se realizó agregando 2 ml de HCl (6 N). Se agregaron al tubo 2 ml de hexano, se agitó en un vortex y se centrifugó a 1500 rpm durante 5 min. La fase de hexano se transfirió a un tubo de ensaye. La extracción con hexano se realizó tres veces. Finalmente, los tubos que contienen los extractos neutros y ácidos se dejaron reposar en

Na₂SO₄ anhidro por 12 hrs. El extracto ácido se transfirió a un tubo de ensaye con tapa de teflón para continuar con la derivatización.

4.2.3. Derivatización de los lípidos ácidos

El extracto se secó con N₂ y se agregaron 400 µl de BCl₃/CH₃OH (12 N). El tubo de ensaye se purgó con N₂, se tapó y se colocó en un bloque de calentamiento a 100 °C por 6 min. Una vez frío el tubo, se le agregaron 2 ml de metanol, 2 ml de H₂O desionizada y 2 ml de hexano. El extracto se mezcló en un vortex y se centrifugó a 1500 rpm durante 5 min. El hexano fue transferido a un tubo de ensaye. La extracción se repitió dos veces más. Finalmente, se agregó al extracto Na₂SO₄ anhidro y se dejó reposar durante 12 hrs.

4.2.4. Purificación de los FAMES

El extracto fue transferido a un tubo de ensaye para concentrarlo a 1 ml, evaporando con N₂. Posteriormente, se realizó una separación de los ácidos grasos metilados (FAMES) con una columna cromatográfica empacada con silica gel (S/P 60A) completamente activada. Siete fracciones fueron colectadas con diferentes mezclas de solventes: 1) 7.5 ml de hexano, 2) 5 ml al 25% de tolueno en hexano, 3) 5 ml al 50% de tolueno en hexano, 4) 5 ml al 5% de etilacetato en hexano, 5) 5 ml al 10% de etilacetato en hexano, 6) 5 ml al 15% de etilacetato en hexano y 7) 5 ml al 20% de etilacetato en hexano. En un tubo de ensaye se colectaron las fracciones 5 y 6 que contienen los FAMES. El solvente del tubo se sustituyó por hexano, se llevó casi a sequedad y se transfirió a un vial de 2 ml. Al vial se le agregó el estándar interno, etil-éster de ácido araquidónico, y se llevó a un volumen conocido para la cuantificación.

4.2.5. Identificación y cuantificación de los FAMES

Los FAMES fueron analizados con un cromatógrafo de gases (CG) Hewlett Packard 5890 Serie II, con un detector de ionización de flama (FID). Este se encuentra conectado a un integrador Perkin Elmer PE NELSON modelo 1020 LC (*plus*). La separación se realizó con una columna capilar de 30 m x 0.32 de d.i. HP-5 (Hewlett-Packard), utilizando H₂ como gas transportador. Las condiciones de operación fueron: temperatura del detector 310 °C, temperatura del inyector 250 °C. El programa de temperatura inició a 100 °C por 2 min, con un incremento de 3.5 °C/min hasta 300 °C, permaneciendo 15 min a esta temperatura.

Para la confirmación de los FAMES, algunas muestras fueron analizadas por espectroscopía de masas con un cromatógrafo de gases acoplado a un detector selectivo de masas (CG-DSM) Hewlett-Packard 5972A. Se utilizó el mismo tipo de columna que para el CG y He como gas transportador. Las condiciones de operación fueron: rango de masas de 50-550 uma con un ciclo de 1.5 seg, la energía de ionización de 70 eV y un programa de temperatura para el GC de 100-285 °C a 3.5 °C/min.

Para la cuantificación de los FAMES se utilizó el método del estándar interno, utilizando el ácido araquidónico como referencia. Los cromatogramas fueron procesados y almacenados en un integrador Perkin Elmer PE NELSON 1020 LC (*plus*). Se consideró que todos los analitos tienen el mismo factor de respuesta.

La identificación de cada uno de los FAMES se realizó en algunos casos con estándares puros inyectados en el CG y CG-DSM, otros utilizando los fragmentogramas de los compuestos que vienen en la biblioteca NBS75K del CG-DSM y algunos fueron asignados según los espectros obtenidos en el Instituto de Oceanografía de Skidaway, Savannah, GA, E.U.A.

4.3. *Procesamiento de los datos*

El análisis de los datos se realizó con métodos estadísticos que nos permitieron realizar una comparación global de la covarianza de los datos multivariados generados a partir de una matriz de 35 ácidos grasos y 42 estaciones de muestreo. Tres métodos fueron usados: 1) Análisis de Grupo, 2) Análisis Discriminante y 3) Análisis Factorial.

4.3.1. *El Análisis de Grupo (AG)*

El AG modo-R tiene como objetivo agrupar los ácidos grasos presentes en los sedimentos superficiales del NGC y representar los ácidos grasos en un arreglo en orden jerárquico en un dendrograma (Sicre *et al.*, 1988). Para el análisis se determinó la matriz de los coeficientes de similitud de los ácidos grasos utilizando el “Coeficiente de Correlación de Pearson r (1-Pearson r)” (Davis 1986), y para el agrupamiento se utilizó el método de “Aglomeración Promedio entre Grupos (UPGMA)”.

El AG en modo-Q se utilizó con la finalidad de agrupar las estaciones de muestreo de la región del NGC. Para calcular la matriz de los coeficientes de similitud de las estaciones se utilizó el “Coeficiente de Distancias Euclidianas” (Davis, 1986), y para el agrupamiento el método de “Aglomeración de Unión Completa” o vecinos más distantes.

4.3.2 *El Análisis Discriminante (AD)*

Se aplicó por separado un AD para los grupos generados en el AG modo-R y en el AG modo-Q.

El AD para los grupos de los ácidos grasos se realizó con la finalidad de validar la separación de los grupos obtenidos en el AG modo-R. Para probar lo anterior, en el AD se planteó la hipótesis nula de que las medias multivariadas de los grupos de los ácidos grasos

son iguales o que las distancias entre estos es cero. Las distancias entre los grupos de ácidos grasos fueron calculadas por medio de las “Distancias de Mahalanobis” (Davis, 1986). Para probar diferencias entre las distancias de Mahalanobis de los grupos, se utilizó la prueba “ T^2 de Hotelling”, la cual es transformada a una prueba “F”. También, se obtuvieron las funciones canónicas discriminantes que separan lo mejor posible los grupos (Manly, 1986). Los valores propios (eigenvalores) fueron obtenidos evaluando los coeficientes de las funciones canónicas. Para probar diferencias entre los eigenvalores, se utilizó la prueba X^2 (Chi-cuadrada) y la prueba “Lamda de Wilks”, que asume valores en el rango de 0 (discriminación) a 1 (no existe discriminación), para ver si las variables canónicas discriminantes varían significativamente de grupo a grupo. Finalmente, se graficaron en un histograma las dos primeras funciones canónicas que presentan los registros canónicos no estandarizados para los grupos de los ácidos grasos.

El AD para los grupos de estaciones se realizó para corroborar la separación de los grupos obtenidos en el AG modo-Q. El procedimiento del análisis fue igual que el realizado en el AD modo-R.

4.3.3 El Análisis Factorial (AF)

El propósito del AF modo-R utilizando los ácidos grasos como variables fue reducir la dimensionalidad de los datos en un número pequeño de factores y poder determinar las principales fuentes de materia orgánica a los sedimentos superficiales del NGC. La extracción de los factores provisionales (no rotados) se realizó por medio de un “Análisis de Componentes Principales”. Se eligieron todos aquellos eigenvalores con valores mayores a 2. Los componentes fueron rotados por medio de una “Rotación Varimax”, la cual maximiza

las varianzas de las cargas de los factores a través de las variables para cualquier factor; es decir, tiende a dar valores cercanos a +1, -1 o 0 (Davis, 1986). Finalmente, las cargas de los factores se presentan en forma gráfica.

Para el AG, AD y AF las concentraciones de los ácidos grasos se expresaron en porcentajes, y estos se normalizaron por medio de la fórmula:

$$Z = \frac{X_{ix} - \mu_x}{\sigma_x}$$

donde: X_{ix} = la concentración del ácido graso i para la estación x

μ_x = media de las concentraciones de los ácidos grasos de la estación x

σ_x = Desviación estandar de las concentraciones de los ácidos grasos en la estación x

4.3.4. Estadística Descriptiva

Con el fin de definir con claridad donde radican las diferencias entre los grupos de estaciones generados en el AG modo-Q, se presentan las gráficas de “cajas y bigotes” (Box and Whisker) para cada uno de los ácidos grasos. Estas gráficas describen tres componentes: 1) la media, 2) error estandar de las medias y 3) desviación estandar. Adicional a esto, se presentó, el mínimo y máximo de los porcentajes de cada uno de los grupos de los ácidos grasos.

4.3.5. Razones entre ácidos grasos

Se calcularon las razones entre los ácidos grasos a15:0/15:0, i15:0/15:0, y 10me16:0/15:0 con la finalidad estimar la abundancia bacteriana.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico STATISTICA versión 2.1.

5. RESULTADOS

5.1. *Ácidos grasos en el NGC*

En las muestras de los sedimentos superficiales del NGC se encontró un total de 65 a 75 ácidos grasos, de los cuales 48 fueron identificados. La identidad de 22 ácidos grasos se determinó con estándares puros, 12 con los espectros de masas obtenidos en el Instituto de Oceanografía de Skidaway y 14 con espectros de masas de la biblioteca del CG-DSM en el IIO-UABC.

En la Fig. A1 del Apéndice 1 se muestra un cromatograma con un perfil típico de ácidos grasos representativo de las muestras de los sedimentos superficiales del NGC. La Tabla A1 del Apéndice 2 muestra la concentración, expresada como porcentaje, de los 65 ácidos grasos que se encontraron en las 42 muestras, los ácidos grasos restantes se presentaron en porcentajes menores a 0.01% y estuvieron ausentes en algunas muestras. Un ejemplo de la confirmación de los ácidos grasos se observa en la Fig. A2 del Apéndice 1, que presenta el espectro de masas de un estándar de un ácido graso puro (C24:0) y el espectro del mismo ácido en una muestra. En la Fig. A3 del Apéndice 1 se muestra el espectro de masas del ácido graso 18:1 ω 9 contenido en la biblioteca NBS75K del CG-DSM y el espectro del mismo compuesto en una muestra. En ambos casos se observó una semejanza entre espectros del 99%.

Para la determinación, mediante análisis multivariados, de las fuentes de materia orgánica hacia los sedimentos superficiales del NGC solamente se consideraron 35 ácidos grasos que han sido comúnmente utilizados como biomarcadores en diferentes estudios (Shaw y Johns, 1996; Reemtsma e Ittekkot, 1992).

Las concentraciones de los ácidos grasos totales en los sedimentos superficiales del NGC estuvieron en el intervalo de 0.7 a 97 $\mu\text{g/g}$ (peso seco) (Tabla 1). La distribución espacial de la concentración de ácidos grasos totales (Fig. 2) muestra un incremento hacia las cuencas profundas Wagner y Delfin, y hacia la costa oeste frente a San Luis Gonzaga y al norte de la Isla Tiburón sobre la costa este.

5.2. Agrupación de los ácidos grasos

El dendrograma en modo-R para la clasificación de los 35 ácidos grasos en 42 muestras se presenta en la Fig. 3, obteniéndose 6 grupos a un nivel de corte de 0.85 unidades de distancia.

El Grupo 1 incluyó 4 ácidos grasos, 2 monoinsaturados de 20 carbonos y 2 polinsaturados de 18 carbonos (20:1A, 20:1B, 18:2 ω 9 y 18:3 ω 9). El Grupo 2 incluyó 6 ácidos grasos saturados de cadena larga con 17 o más carbonos (17:0, 18:0, 22:0, 24:0, 26:0 y 28:0). El Grupo 3 incluyó 3 ácidos grasos, 2 monoinsaturados de 18 carbonos (18:1 ω 9c y 18:1 ω 9t) y un ramificado (10me16:0). El Grupo 4 incluyó los 3 ácidos grasos iso-ramificados de 15, 16 y 17 carbonos (i15:0, i16:0 e i17:0). El Grupo 5 incluyó 13 ácidos grasos, 3 saturados de cadena corta (13:0, 15:0 y 16:0), 5 monoinsaturados (16:1 ω 7, 17:1 ω 6, 18:1 ω 7, 20:1 ω 9 y 22:1A) y 5 polinsaturados de 20 y 22 carbonos (20:4, 20:5, 22:PA, 22:PB y 22:PC). El Grupo 6 incluyó 6 ácidos grasos, 2 saturados de cadena corta (12:0 y 14:0), 2 monoinsaturados de 16 carbonos (16:1 ω 9c y 16:1 ω 9t) y 2 anteiso-ramificados (a15:0 y a17:0).

Tabla 1. Estaciones de muestreo, ácidos grasos totales (A.G.T.) y profundidad (Z) de colecta de los sedimentos superficiales del NGC.

<i>Estaciones</i>	<i>A.G.T. ($\mu\text{g/g}$ peso seco)</i>	<i>Z (m)</i>
AU01	53	11
AU11	22	4
BU08	48	15
DU08	54	8
EU04	54	36
EU08	26	18
FU05	22	42
FU08	29	44
FU12	64	21
AP02	22	70
AP06	53	150
AP09	59	355
BP02	40	48
BP03	80	150
BP05	48	25
BP06	38	15
CD06	85	460
CW03	96	212
CP01	40	35
CP03	23	63
CP05	66	200
CP07	53	39
DP01	39	52
DP03	28	85
DP05	42	190
DP08	47	40
EP01	26	35
EP03	40	131
EP05	66	400
EP07	48	280
EP08	97	109
FP01	26	52
FP04	25	145
FP06	45	460
FP08	50	180
GP01	29	75
GP04	25	190
HP00	95	47
HP03	20	285
HP04	13	154
JP03	39	450
KP01	0.7	510

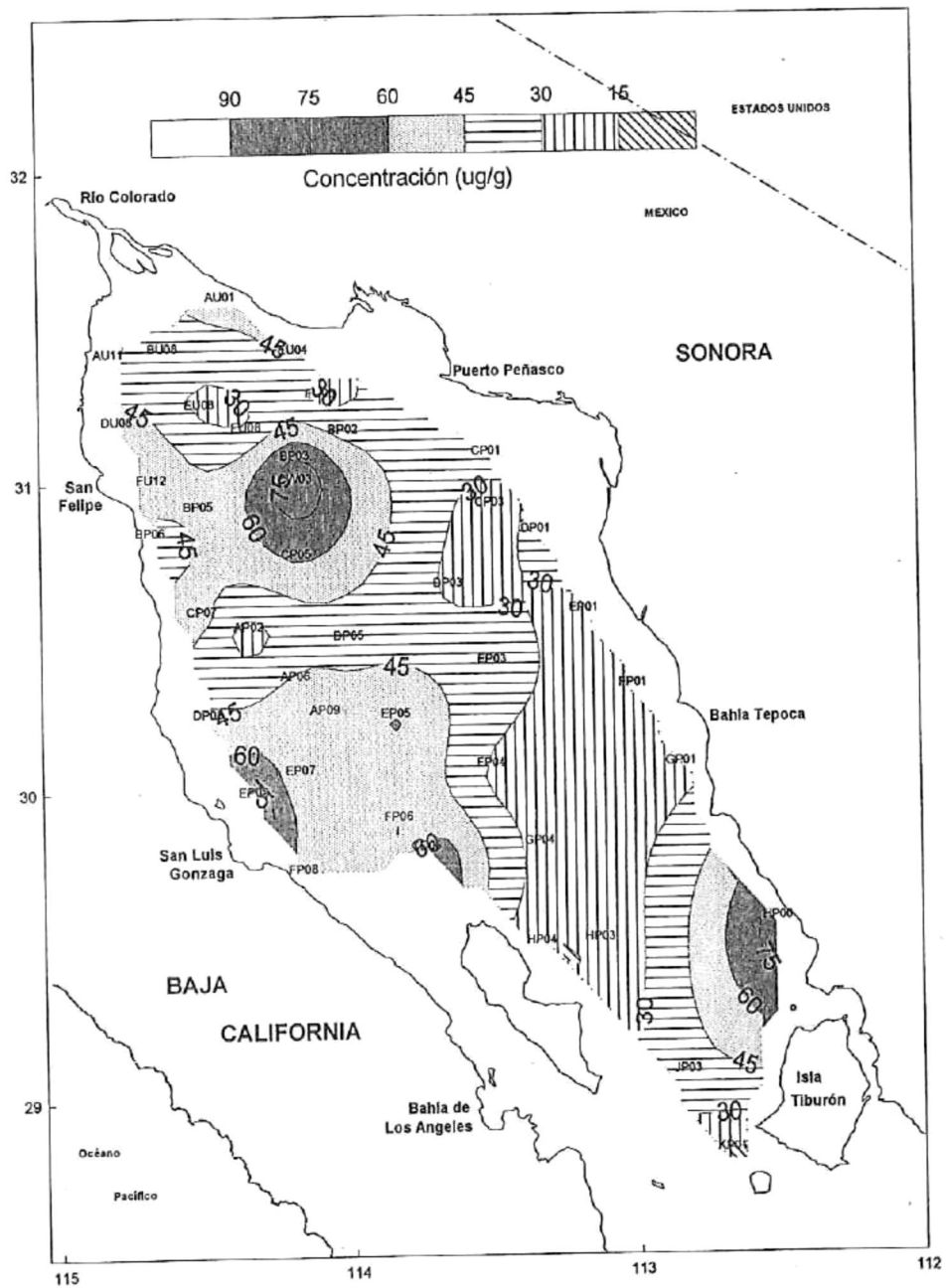


Figura 2. Distribución espacial de la concentración de los ácidos grasos totales ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en los sedimentos superficiales del NGC.

En las Tablas A2, A3 y A4 del Apendice 2 se muestran los resultados del AD para los 6 grupos de ácidos grasos obtenidos en el AG modo-R. Las distancias de Mahalanobis entre los grupos (Tabla A2) varían desde valores de 84 (Grupo 5 vs grupo 6) hasta 3790 (Grupo 2 vs Grupo 3). Los valores correspondientes de la prueba F (Tabla A3) fueron 4.4 y 80, respectivamente. Los niveles de significancia para esta prueba F (Tabla A4) fueron 0.014 y <0.001 , respectivamente. Estos resultados indican que existen diferencias significativas entre las medias multivariadas de todos los grupos y que la distancia entre grupos es diferente de cero.

Con el análisis de las funciones discriminantes se obtuvieron 5 funciones canónicas discriminantes que muestran la separación de los 6 grupos de ácidos grasos. Los eigenvalores (Tabla A5) indican que las dos primeras funciones canónicas explican la separación existente entre los seis grupos, dichos eigenvalores tienen un valor de $\lambda_1 = 225$ y $\lambda_2 = 64$, respectivamente. Los valores de Chi-cuadrada para estos eigenvalores son $X_1^2 = 346$ y $X_2^2 = 235$, respectivamente. Los valores de la prueba Lambda de Wilks fueron <0.001 (Tabla A5), estableciéndose una discriminación entre las funciones canónicas.

En la Fig. 4 se presentan gráficamente las dos primeras funciones canónicas (raíz 1 vs raíz 2). Se puede observar que las máximas distancias fueron entre los Grupos 1 y 3, 2 y 3, y las mínimas entre los Grupos 4 y 5, 5 y 6. Los registros canónicos no estandarizados para las 5 raíces se presentan en la Tabla A6 del Apendice 2.

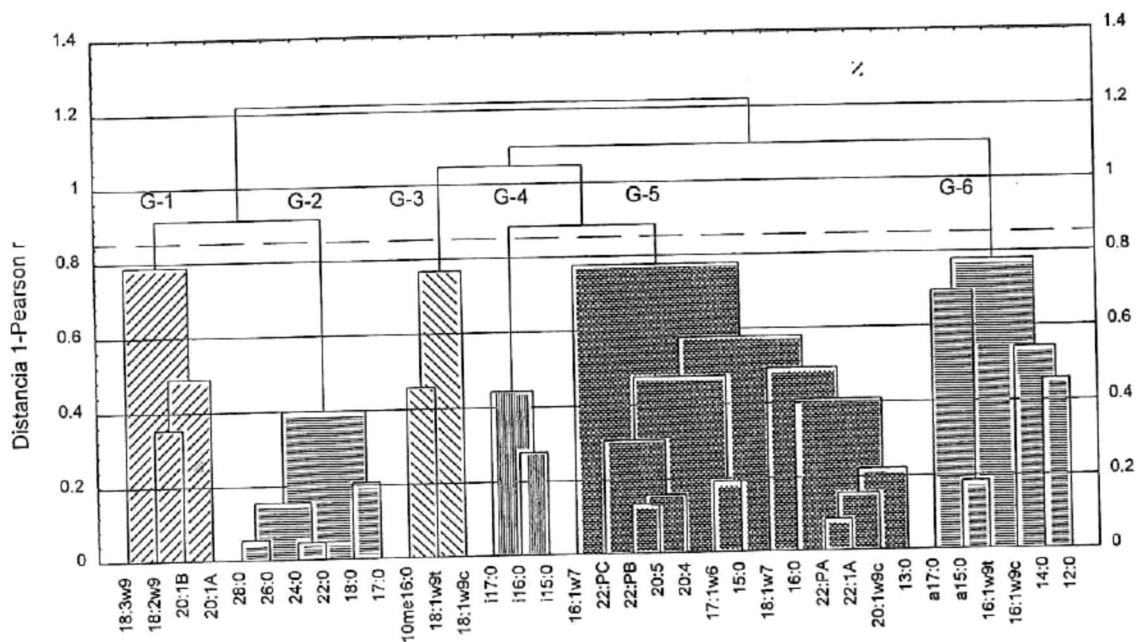


Figura 3. Dendrograma del AC modo-R para los ácidos grasos, obtenido a partir del Coeficiente de Correlación de Pearson (1-Pearson r) y el método de Aglomeración promedio entre grupos (UPGMA).

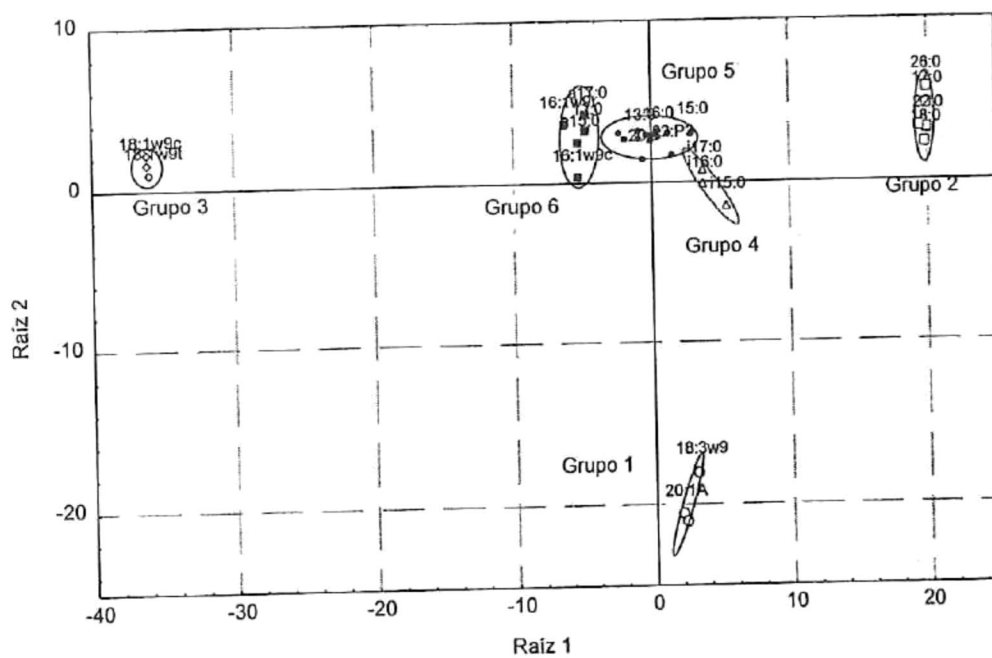


Figura 4. Gráfica con los 35 ácidos grasos que representan los valores de las dos primeras funciones canónicas discriminantes. Se muestra la separación de los 6 grupos de los ácidos grasos.

5.3. El Análisis Factorial en modo-R

En la Fig. 5 se observan en forma gráfica los eigenvalores del AF modo-R. En el análisis fueron tomados todos aquellos componentes con eigenvalores mayores a 2 (cinco componentes), los cuales tienen un mayor peso sobre la varianza. Los cinco factores rotados explicaron el 78% de la varianza total de los datos.

En el primer factor, que explica el 31% de la varianza total, se agruparon con carga positiva mayor a 0.5 los ácidos grasos saturados 13:0, 15:0 y 16:0, los monoinsaturados 17:1 ω 6, 20:1 ω 9, 22:1A, los polinsaturados 20:5, 22:PA, 22:PB, 22:PC y el ramificado i17:0, y con carga negativa el ácido graso saturado 24:0, el monoinsaturado 16:1 ω 9t y el ramificado a15:0 (Fig. 6 y Tabla A7).

El segundo factor (16% de la varianza total) incluyó los ácidos grasos monoinsaturados de 16 carbonos 16:1 ω 7 y 16:1 ω 9c con carga positiva mayor a 0.5 y los ácidos grasos saturados de cadena larga 17:0, 18:0, 22:0, 24:0, 26:0 y 28:0, y el monoinsaturado 20:1A con carga negativa (Fig. 6 y Tabla A7).

El tercer factor con el 13% de la varianza total agrupó los ácidos grasos de cadena corta 12:0, 13:0 y 14:0, con carga positiva, y los ácidos grasos monoinsaturados de 18 carbonos 18:1 ω 9c y 18:1 ω 9t, el polinsaturado 20:4 y el 10me16:0, con carga negativa.

El cuarto factor que explica el 9.3% de la varianza total asoció el ácido graso monoinsaturado 17:1 ω 6 y el polinsaturado 20:5 con carga positiva mayor a 0.5 y con carga negativa los ácidos grasos monoinsaturados de 20 carbonos 20:1A y 20:1B, y los polinsaturados de 18 carbonos 18:2 ω 9 y 18:3 ω 9 (Fig. 6 y Tabla A7).

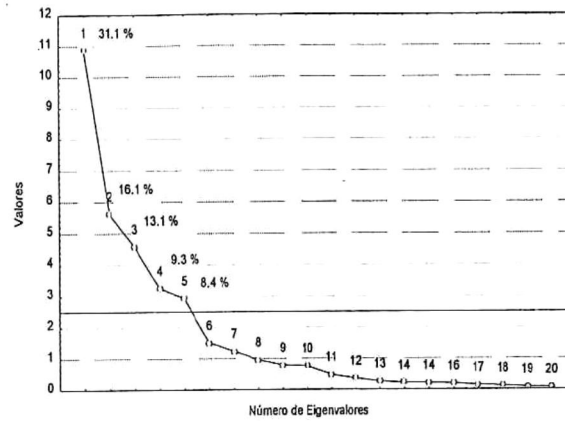


Figura 5. Representación gráfica de los eigenvalores y porcentaje total de la varianza del Análisis Factorial en modo-R para los 35 ácidos grasos. La línea horizontal señala los eigenvalores que se tomaron para el AF.

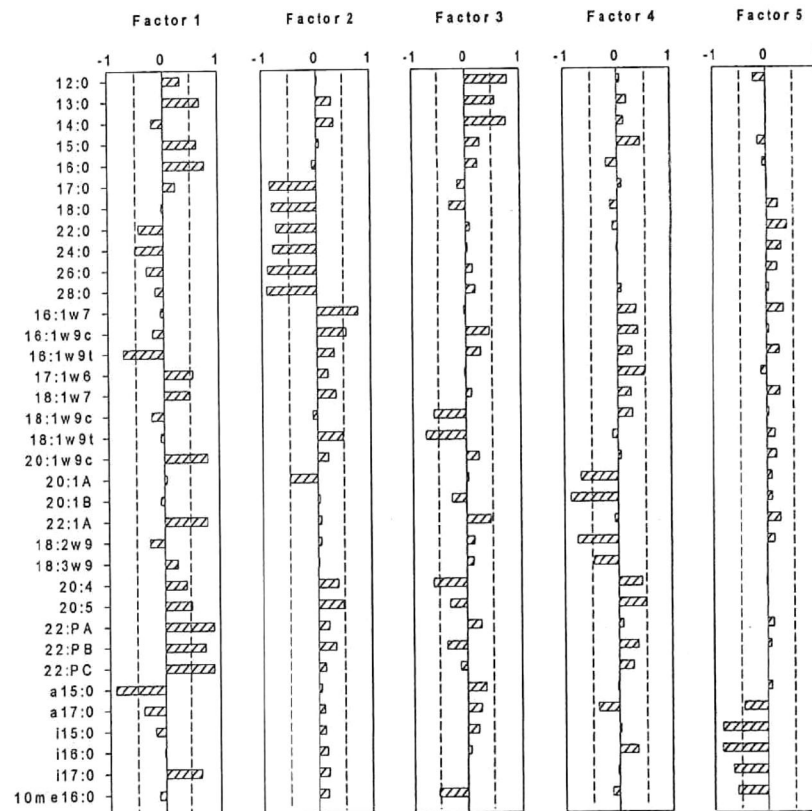


Figura 6. Análisis Factorial en modo-R. Carga de los factores rotados para los 35 ácidos grasos. Extracción por Componentes principales y Rotación Varimax. Los cinco factores explican el 78% de la varianza total.

El quinto factor con un 8.4% de la varianza total agrupó con carga negativa (> 0.5) los ácidos grasos iso-ramificados, i15:0, i16:0, i17:0 y el 10me16:0.

5.4. Agrupación de las estaciones de muestreo

El dendrograma del AG modo-Q para la clasificación de las 42 muestras es presentado en la Fig. 7. Mediante este análisis se obtuvieron 6 grupos de estaciones a un nivel de corte de 2.4 unidades de distancia. La distribución espacial de estos grupos se muestra en la Fig. 8.

El Grupo 1 incluyó cuatro estaciones. Tres se encuentran ubicadas en el Alto Golfo de California y la cuarta se localiza en la costa oeste frente a Bahía San Luís Gonzaga (Fig. 8). El Grupo 2 incluyó solamente las dos estaciones ubicadas en la Cuenca Wagner. En el Grupo 3 se incluyeron dieciséis estaciones. Estas cubren principalmente la parte central del NGC, desde las cercanías de la Cuenca Wagner hasta la Isla Angel de la Guarda, incluyendo la zona de la Cuenca Delfin, la zona este de la Isla Angel de la Guarda, una muestra de la costa oeste frente a San Luís Gonzaga y otra de la costa este frente a Bahía Tepoca. El Grupo 4 incluyó seis estaciones, localizadas en la parte oeste del NGC, frente a San Felipe, extendiéndose al sur y norte. El Grupo 5 comprendió trece estaciones, ubicadas principalmente en la costa este. La distribución de 10 estaciones abarca desde el norte de Bahía Tepoca hasta el Alto Golfo de California con una línea que se extiende hacia la costa oeste frente a San Felipe, dos localizadas al norte de la Isla Tiburón y otra al norte de San Luís Gonzaga. El Grupo 6 incluyó solo una estación, ubicada al oeste de la Isla Tiburón (Fig. 8).

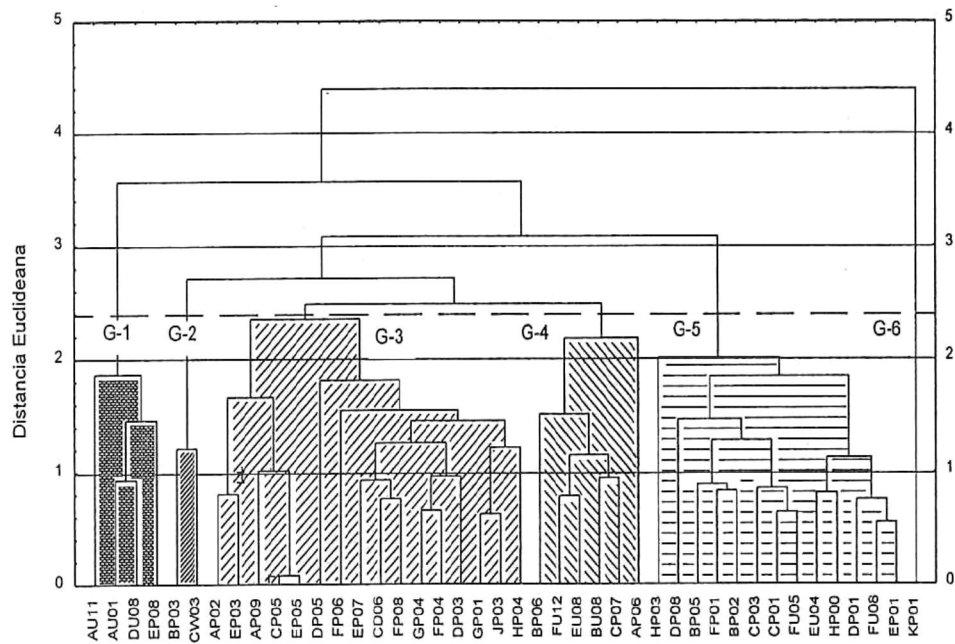


Figura 7. Dendrograma del AC en modo-Q para las estaciones, obtenido a partir del método de Aglomeración de Unión Completa y del Coeficiente de Distribución Euclídeana.

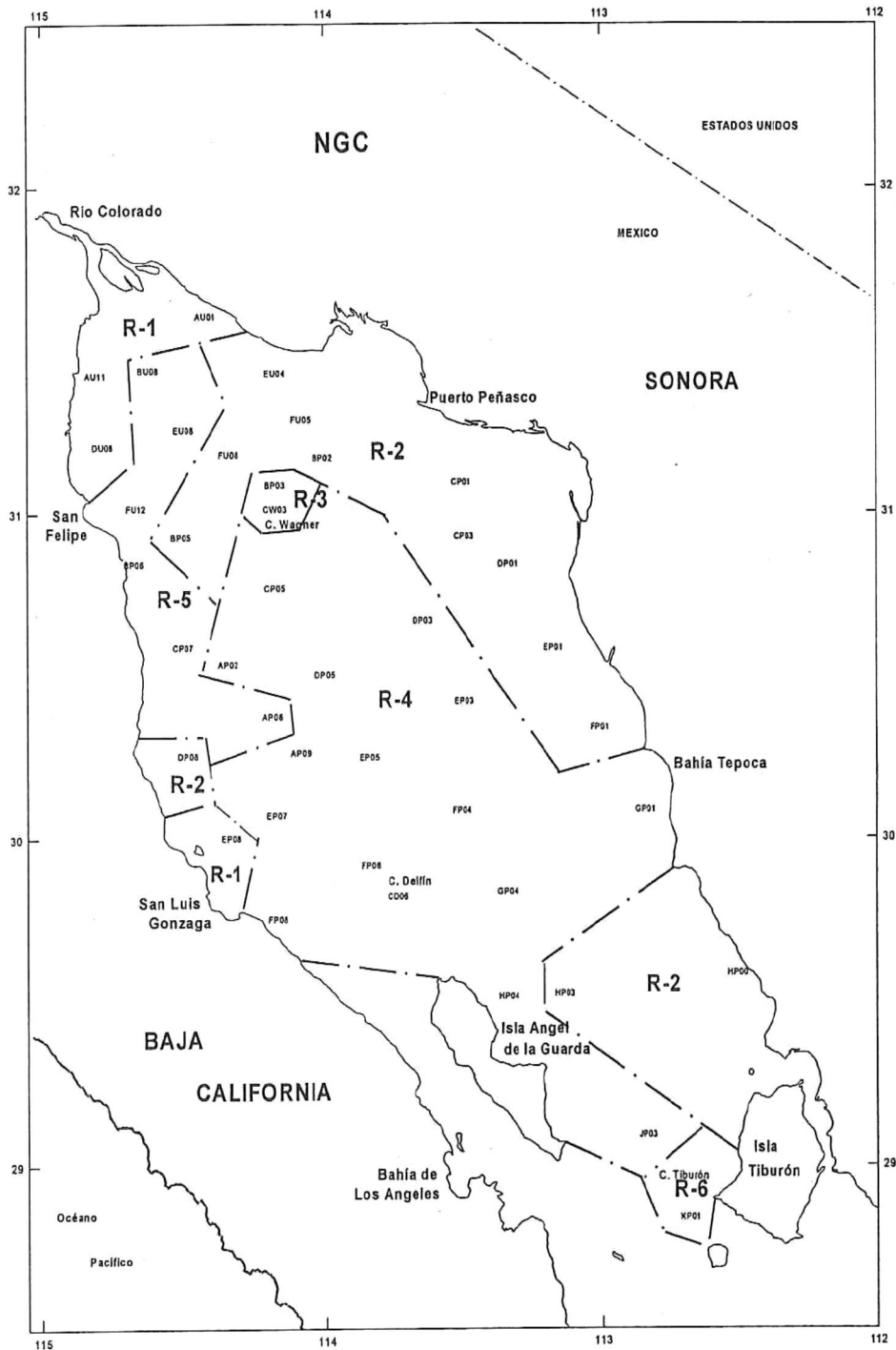


Figura 8. Regiones definidas por el AC modo-Q. R-1, Alto Golfo; R-2, Costa de Sonora; R-3, Cuenca Wagner; R-4, Cuenca Delfín; R-5, Costa de Baja California y R-6, Cuenca Tiburón.

Las Tablas A8, A9 y A10 del Apendice 2 muestran los resultados del AD para los 5 grupos con mas de una muestra obtenidos en el AG modo-Q. El Grupo 6 representado por una estación, se consideró diferente a los demás grupos y no se incluyo en el AD. Las distancias de Mahalanobis entre los grupos (Tabla A8) presentaron valores de 62 (Grupo3 vs grupo 5) a 396 (Grupo 1 vs Grupo 5). Los valores de la prueba F (Tabla A9) para las anteriores distancias fueron de 8.8 y 20, respectivamente. Los niveles de significancia (Tabla A10) para la prueba F fueron menores a 0.001. El nivel de significancia entre los Grupo 1 vs 2 fue de 0.03, sin embargo, se puede establecer que existen diferencias significativas entre las medias multivariadas de los grupos de estaciones y que la distancia entre estos grupos es diferente de cero.

Con el análisis de las funciones discriminantes se obtuvieron 4 funciones canónicas cuyos eigenvalores se muestran en la Tabla A11 del Apendice 2. Las 2 primeras funciones canónicas ($\lambda_1 = 37$ y $\lambda_2 = 14$) describen adecuadamente la separación existe entre los cinco grupos de estaciones. Los valores de la prueba de Lambda de Wilks (<0.001) indicaron una discriminación entre las dos funciones canónicas (Tabla A11).

En la Fig. A4 del Apendice 1 se muestran gráficamente los valores de las dos funciones canónicas discriminantes (raíz 1 vs raíz 2) para los cinco grupos de estaciones, observandose la separación existente entre los grupos, donde las máximas distancias son para los grupos 1 y 5, 1 y 4, y las mínimas para los grupos 3 y 5, 4 y 5. En la Tabla A12 del Apendice 2 se observan los registros canónicos no estandarizados para las cuatro raíces.

6. DISCUSIONES

6.1. *Acidos grasos totales*

Las concentraciones de los ácidos grasos totales en los sedimentos superficiales del NGC, excluyendo las estaciones KP01 y HP04, se presentaron en el intervalo de 21 a 97 $\mu\text{g/g}$ (Tabla 1). Estas concentraciones son inferiores a las reportadas en otros sistemas marinos con aportes elevados de materia orgánica hacia los sedimentos. Por ejemplo, Canuel y Martens (1993) reportaron concentraciones de 111 a 416 $\mu\text{g/g}$ en una cuenca semicerrada (Cape Lookout Bight) en Carolina del Norte, región costera con un aporte alto de materia orgánica proveniente de las zonas cubiertas de pastos marinos y manglares, ríos y producción fitoplanctónica. Colombo *et al.* (1997) reportaron concentraciones de 59 a 247 $\mu\text{g/g}$ a una profundidad de ~ 300 m para en el Golfo de St. Lawrence, ambiente caracterizado por una fuerte influencia de aportes terrestres. En el estuario Morlaix River, Quemeneur y Marty (1992) reportaron valores de entre 51 y 1689 $\mu\text{g/g}$. Este estuario está sujeto a fuertes cambios de marea (3.6 a 7.6 m), intercambio entre aguas estuarinas y costeras, y a la entrada de aguas residuales. Por otro lado, las concentraciones en el NGC son superiores a las reportadas en regiones oceánicas profundas oxicas y anóxicas del Océano Atlántico Intertropical frente a Venezuela, Senegal y en el Mar Árabe de 0.2 a 26 $\mu\text{g/g}$, (Saliot *et al.*, 1988).

A diferencia de los sistemas estuarinos antes mencionados, el NGC en la actualidad no recibe un aporte constante de agua del Río Colorado, lo que limita la entrada de materia orgánica terrestre. Esta debe ser una razón por la cual las concentraciones de ácidos grasos totales en los sedimentos del NGC son menores que en

dichos sistemas. Sin embargo, se considera como un sistema con una productividad primaria alta, lo que debe ocasionar un aporte importante de materia orgánica autóctona hacia los sedimentos. Además de los aportes relacionados fuertemente a las fuentes, existen otros factores que pueden influir en las concentraciones de los ácidos grasos como son la profundidad (que varió de 3.5 a 510 m), la tasa de sedimentación (considerada alta: 2.5 a 4.0 cm año⁻¹) para la Cuenca Delfín (Baba *et al.*, 1991a), la producción bentónica, la bioturbación y la concentración de oxígeno (Colombo *et al.*, 1996).

La distribución espacial de las concentraciones de ácidos grasos totales muestra valores mayores de 45 µg/g para la región oeste del NGC, con un aumento hacia las zonas profundas de las cuencas Wagner y Delfín (Fig. 2). En contraste, excluyendo la estación HP00, todas las estaciones de la región este presentaron concentraciones menores de 30 µg/g. En general, se observa una relación entre la concentración de ácidos grasos y la profundidad, con concentraciones mayores en las zonas profundas, las cuales indican una acumulación de carbono orgánico. Esto se puede corroborar al observar la Fig. 9 que muestra la distribución carbono orgánico. Además, existe una correlación ($r^2 = 0.5$, estadísticamente significativa con una $p < 0.05$) entre las concentraciones de los ácidos grasos y el contenido de carbono orgánico total, observándose una acumulación de carbono orgánico hacia las zonas profundas y una disminución hacia las zonas someras, sobre todo en el Alto Golfo.

La dinámica generada por efecto de las mareas debe jugar un papel importante en la distribución de las partículas en el NGC, y los ácidos grasos y materia orgánica asociados. Se aprecia una relación entre la distribución de las concentraciones de ácidos

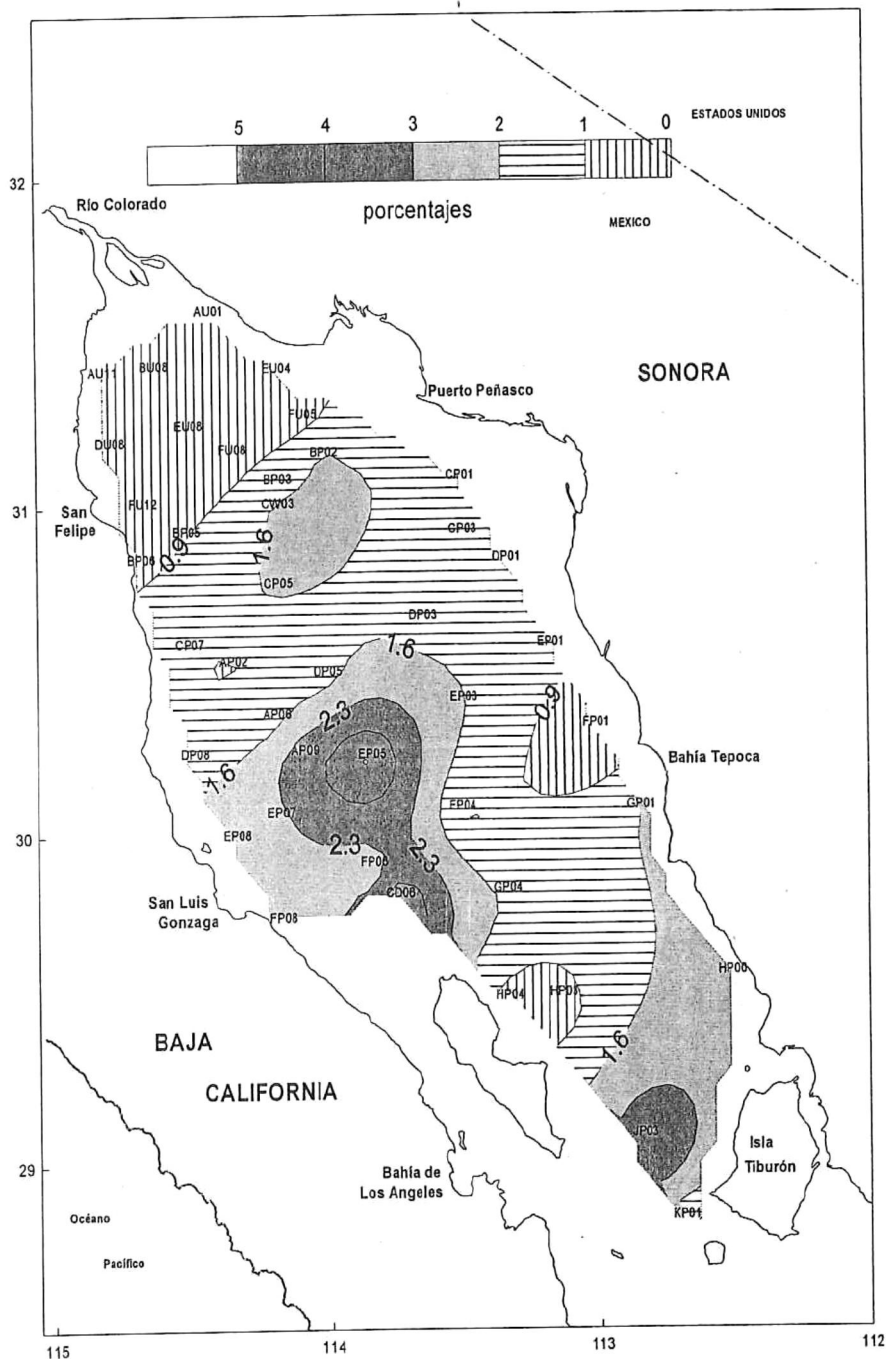


Figura 9. Distribución espacial de carbono orgánico total (%) en los sedimentos superficiales del NGC.

grasos totales de este estudio y la distribución textural de los sedimentos observada por Van Andel (1964), con concentraciones mayores en regiones cubiertas de sedimentos arcillo-limosos (parte oeste y zonas profundas) y menores en regiones con sedimentos arenosos que abarcan la parte este del NGC. Por otra parte, las altas concentraciones de la región de la Cuenca Delfín, tal vez, estén asociadas con los centros de atrapamiento de partículas, propuestos por Marinone y Lavín (1997).

6.2. Fuentes de ácidos grasos en el NGC

Los ácidos grasos se clasificaron en 6 grupos mediante el AG modo-R (Fig. 3). Los resultados del AD (Fig. 4) indican que las diferencias entre estos grupos son significativas. En general, los resultados del AF modo-R ratifican la conclusión del AG modo-R ya que se definieron 5 factores (Fig. 5) a los que se pueden asociar 6 fuentes distintas. Por lo tanto, se sugiere que cada uno de los 6 grupos obtenidos en los análisis de clasificación multivariados represente una fuente de carbono orgánico hacia los sedimentos del NGC. Estas fuentes son:

Fitoplancton

Zooplancton

Material Terrígeno

3 grupos de Bacterias (A, B y sulfato-reductoras)

En el AF, el primer factor representa dos fuentes, fitoplancton y bacterias (A). En comparación con los otros factores, las cargas (positivas) de los ácidos grasos 15:0, 16:0, 17:1 ω 6, 18:1 ω 7, 20:1 ω 9c, 20:4, 20:5 y los polinsaturados de 22 carbonos (Fig. 6) en este

factor son elevadas. Volkman *et al.* (1980), Smith *et al.* (1986) y Skerratt *et al.* (1995) reportaron que los ácidos grasos polinsaturados de 20 (20:4 y 20:5) y 22 carbonos son biomarcadores de diatomeas. Por lo tanto, se sugiere que las diatomeas tienen una contribución importante dentro de éste grupo fitoplanctónico. El ácido graso 17:0 también presentó una carga alta con signo positivo en este factor, sin embargo, es un biomarcador comunmente encontrado en bacterias (Sicre *et al.*, 1988; Canuel y Martens, 1993). Debido a que este ácido graso también presenta una alta carga en el factor 5, no se consideró representante de otra fuente bacteriana en el factor 1. Los ácidos grasos 16:1 ω 9t y a15:0 presentaron también una alta carga pero de signo contrario (negativo) a los biomarcadores fitoplanctónicos. Los ácidos grasos trans-moinsaturados (Volkman *et al.*, 1980) y los anteiso-ramificados (Mayzaud *et al.*, 1989; Wakeham y Beier, 1991) suelen ser atribuidos a bacterias. Ya que otros 2 factores también asocian biomarcadores bacterianos, se sugiere que los ácidos grasos asociados al factor 1 representan un grupo específico de bacterias que denominamos A. En conclusión, el factor 1 representa una combinación de 2 fuentes (fitoplanctónica y bacteriana) inversamente correlacionadas.

Las cargas (negativas) del segundo factor indican una fuente de material terrígeno, debido a que los ácidos grasos saturados de cadena larga (>22 carbonos) presentes en el sedimento y material particulado en el mar, generalmente son atribuidos al material alóctono proveniente de plantas terrestres (Shaw y Johns, 1986; Wakeham y Beier, 1991; Najdek, 1993). Por otra parte, las cargas (positivas) de los ácidos grasos 16:1 ω 7 y 16:1 ω 9c reflejan un fuente fitoplanctónica. El 16:1 ω 7 es comunmente reportado para el fitoplancton (Volkman *et al.*, 1980; Skerratt *et al.*, 1995), por lo que se

sugiere ésta fuente. De hecho, en el análisis de grupos el ácido 16:1 ω 7 se agrupó con los ácidos grasos fitoplanctónicos asociados al factor 1. El factor 2 representa principalmente una fuente terrígena (explica principalmente la varianza de los ácidos grasos saturados con más de 22 carbonos) y la correlación inversa entre los biomarcadores fitoplanctónicos y terrígenos.

Tres ácidos grasos de origen bacteriano (18:1 ω 9c, 18:1 ω 9t y 10me16:0) presentan altas cargas (negativas) en el factor 3 (Fig. 6). Varios autores (Volkman *et al.*, 1980; Reemtsma *et al.*, 1990; Reemtsma e Ittekkot, 1992) han reportado al ácido graso trans-monoin saturado 18:1 ω 9t como un biomarcador de bacterias. Por otro lado, Wakeham y Beier (1991) asocian el ácido graso 18:1 ω 9 a cianobacterias. Sin embargo, la agrupación del 18:1 ω 9c y 18:1 ω 9t con el 10me16:0, biomarcador típico de bacterias sulfato-reductoras (Smith *et al.*, 1986; Rajendran *et al.*, 1992), sugiere que el factor 3 representa este tipo de bacterias. Los ácidos grasos 12:0 y 14:0 suelen proceder de varias fuentes (Saliot *et al.*, 1988) y no son comúnmente utilizados como biomarcadores. Sin embargo, Sun y Wakeham (1994) atribuyen el 14:0 a una fuente principalmente fitoplanctónica, por lo que las altas cargas (positivas) de los ácidos grasos 12:0 y 14:0 reflejan una fuente fitoplanctónica.

Las cargas de los ácidos grasos 20:1A, 20:1B, 18:2 ω 9 y 18:3 ω 9 en el factor 4 (Fig. 6) sugieren una fuente zooplanctónica. Skerratt *et al.* (1995) y Wakeham y Beier (1991) reportaron que los ácidos grasos 18:2 ω 9 y 18:3 ω 9 indican una procedencia de organismos zooplanctónicos, aunque existe la posibilidad de que los ácidos grasos polinsaturados de 18 carbonos provengan de dinoflagelados (Mayzaud *et al.*, 1989).

Además, Sicre *et al.* (1988) asociaron los ácidos grasos monoinsaturados de 20 carbonos al zooplancton. A pesar de que las cargas de los ácidos grasos 15:0, 17:1 ω 6, 20:4 y 20:5 son cercanas a 0.5, estos están presentes en otros factores con cargas mayores y no representan otra fuente.

El quinto factor representa claramente una fuente de bacterias que denominamos como B. Los ácidos grasos i15:0, i16:0 e i17:0 se presentaron con altas cargas (negativas) y estos han sido ampliamente reportados como biomarcadores bacterianos (Sicre *et al.*, 1988; Wakeham y Canuel, 1989; Canuel y Martens, 1993). También el ácido 10me16:0 presentó una carga relativamente elevada en este factor. Sin embargo, las altas cargas de los ácidos grasos i15:0, i16:0, i17:0 y su agrupación en el AG sugieren una fuente distinta a la representada en el factor 3.

6.3. Regionalización del NGC

A las regiones establecidas en el AG modo-Q (Fig. 7) se les dió el nombre de:

Alto Golfo

Costa de Sonora

Cuenca Wagner

Cuenca Delfín

Costa de Baja California

Cuenca Tiburón

Para explicar las diferencias entre las 6 regiones (Fig. 8), se presenta el perfil de los ácidos grasos para una estación representativa de cada grupo (Figs. 10 a 15) y las

gráficas de “cajas y bigotes” que muestran el porcentaje promedio de cada ácido graso para cada uno de los grupos (Figs. A5 a A9) y la Tabla A13 que muestra la estadística descriptiva.

La Fig. 10 muestra el perfil de los ácidos grasos de la estación AU01 que se seleccionó como representante de la región del Alto Golfo. Esta región fue diferente a las otras regiones por presentar un mayor porcentaje de los ácidos 15:0 (Fig. A5) y 17:1 ω 6 (Fig. A6). Los intervalos de confianza de estos ácidos grasos no se traslapan con los de los otros grupos, lo que sugiere que sus porcentajes son significativamente diferentes. Tomando el valor de la media como referencia para ver diferencias entre las regiones, observamos que la región del Alto Golfo presenta mayores porcentajes de los ácidos 16:0, 17:0, 16:1 ω 7 (Figs. A5 y A6) y un menor porcentaje de los ácidos 16:1 ω 9c, a15:0 y a15:0 (Figs. A6 y A8). Los elevados porcentajes de los ácidos 15:0, 16:0, 17:0, 16:1 ω 7 y 17:1 ω 6 indican que los aportes fitoplanctónicos hacia los sedimentos del Alto Golfo son mayores en comparación a el aporte de las otras regiones. Por otro lado, los bajos porcentajes de los ácidos 18:1 ω 7, a15:0 y a17:0 sugieren un menor aporte de una fuente bacteriana (definida el en AF como bacterias A) a esta región.

Los diagramas de cajas y bigotes (Fig. A7) sugieren que los porcentajes del ácido 18:1 ω 9t en la región de la Costa de Sonora son significativamente más elevados que en las otras regiones. Además, la media de los ácidos 18:1 ω 9c, 20:4, 20:5, 22:PA, 22:PB, 22:PC y 10me16:0 (Figs. A7, A8 y A9) fue mayor para la región de la Costa de Sonora. Como ejemplo del perfil de los ácidos grasos para la región se eligió la estación EU04 (Fig. 11). La abundancia de los ácidos 20:4, 20:5 y de los polinsaturados de 22 carbonos sugiere un aporte de material de una fuente fitoplanctónica. La diferencia entre

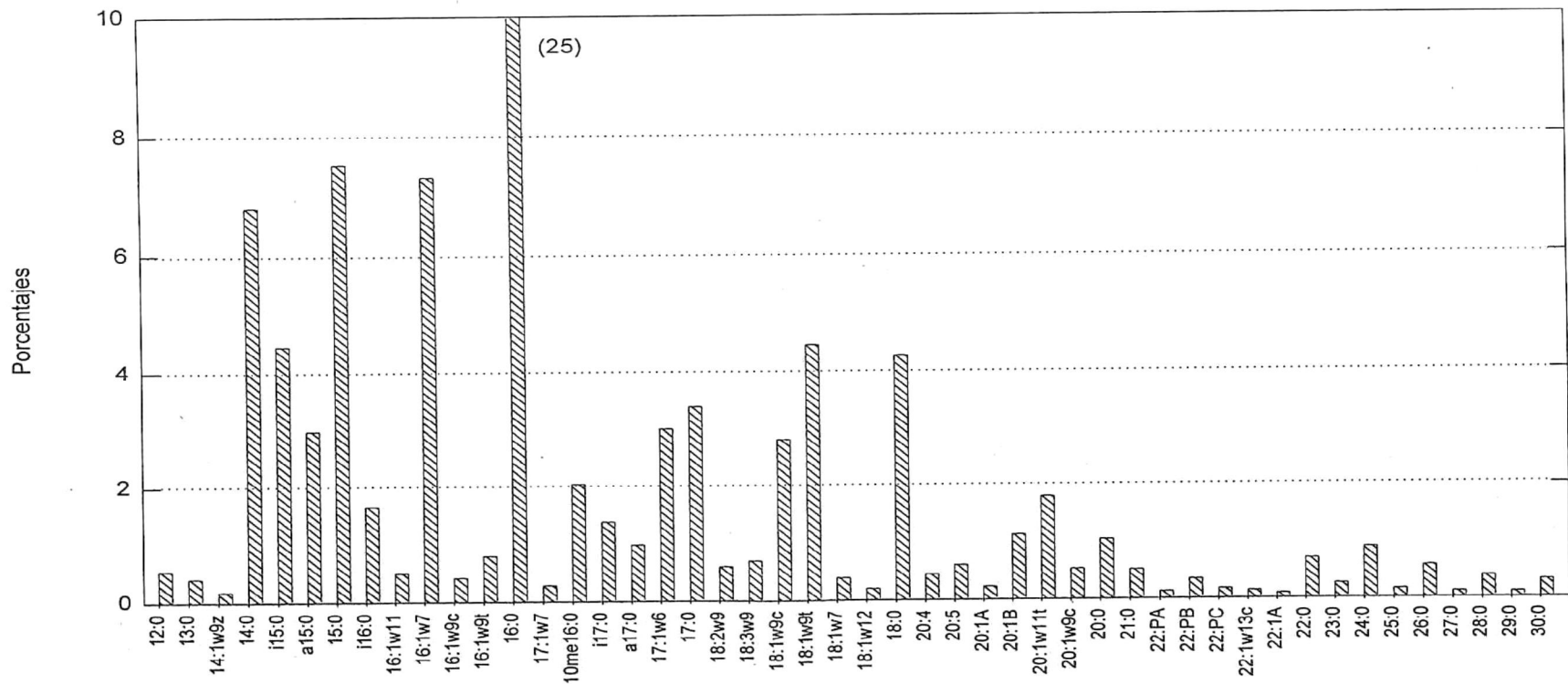


Figura 10. Distribución relativa de los ácidos grasos en los sedimentos superficiales del NGC. Estación "AU01", representante del Grupo 1. 1A, 1B, moinsaturados A y B. PA, PB, PC, polinsaturados A, B y C.

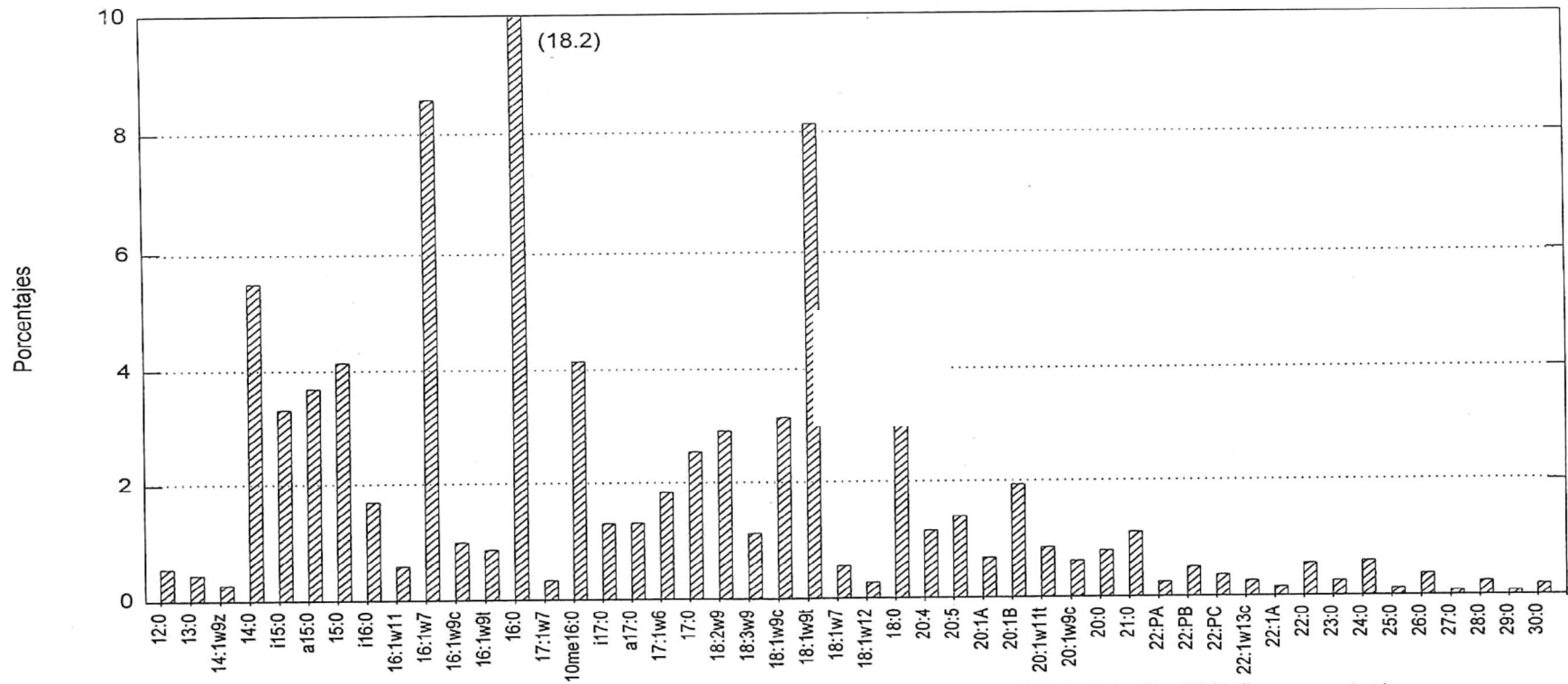


Figura 11. Distribución relativa de los ácidos grasos en los sedimentos superficiales del NGC. Estación "EU04", representante del Grupo 5. 1A, 1B, monoinsaturados A y B. PA, PB, PC, poliinsaturados A, B y C.

la fuente fitoplanctónica de la región del Alto Golfo y la región de la Costa de Sonora posiblemente esta relacionada con la calidad (estado diagenético) del material. Canuel y Martens (1993) establecieron que la abundancia de los ácidos polinsaturados refleja la entrada de material fitoplanctónico de origen reciente. Scribe *et al.* (1991) reportaron que el predominio de los ácidos polinsaturados, comparado con el de los monosaturados, indica una mayor contribución de material reciente. Los valores promedio de los diagramas de cajas y bigotes (Figs. A6 y A8) indican que la proporción entre ácidos grasos polinsaturados y los monosaturados fitoplanctónicos (16:1 ω 7 y 17:1 ω 6) fue mayor para la Costa de Sonora, que para el Alto Golfo, lo que sugiere aportes de material más fresco hacia los sedimentos de la Costa de Sonora. También la abundancia de los ácidos 18:1 ω 9c, 18:1 ω 9t y 10me16:0, atribuidos en el AF a bacterias sulfato-reductoras, fue mayor para la región de la Costa de Sonora que para las otras regiones lo que sugiere una mayor dominancia de este grupo bacteriano.

La diferencia mas obvia de la región de la Cuenca Wagner con las otras regiones se muestra en la Fig A5, donde el ácido 14:0 presentó maximos porcentajes. La media de los ácidos 13:0, 16:1 ω 7, 16:1 ω 9c, 16:1 ω 9t y a15:0 (Figs. A5, A6 y A8) fue mayor en esta región. Por otro lado, la media de los ácidos grasos saturados de cadena larga mayor a 22 carbonos (Figs. A5 y A6) fue relativamente baja. Para representar el perfil de los ácidos grasos de la región de la Cuenca Wagner se eligió la estacion BPO3 (Fig. 12). Como en el Alto Golfo y en la Costa de Sonora, en esta cuenca algunos biomarcadores fitoplanctónicos (13:0, 14:0, 16:1 ω 7 y 16:1 ω 9c) son relativamente abundantes, lo que refleja un aporte importante de esta fuente. Sin embargo, el aumento

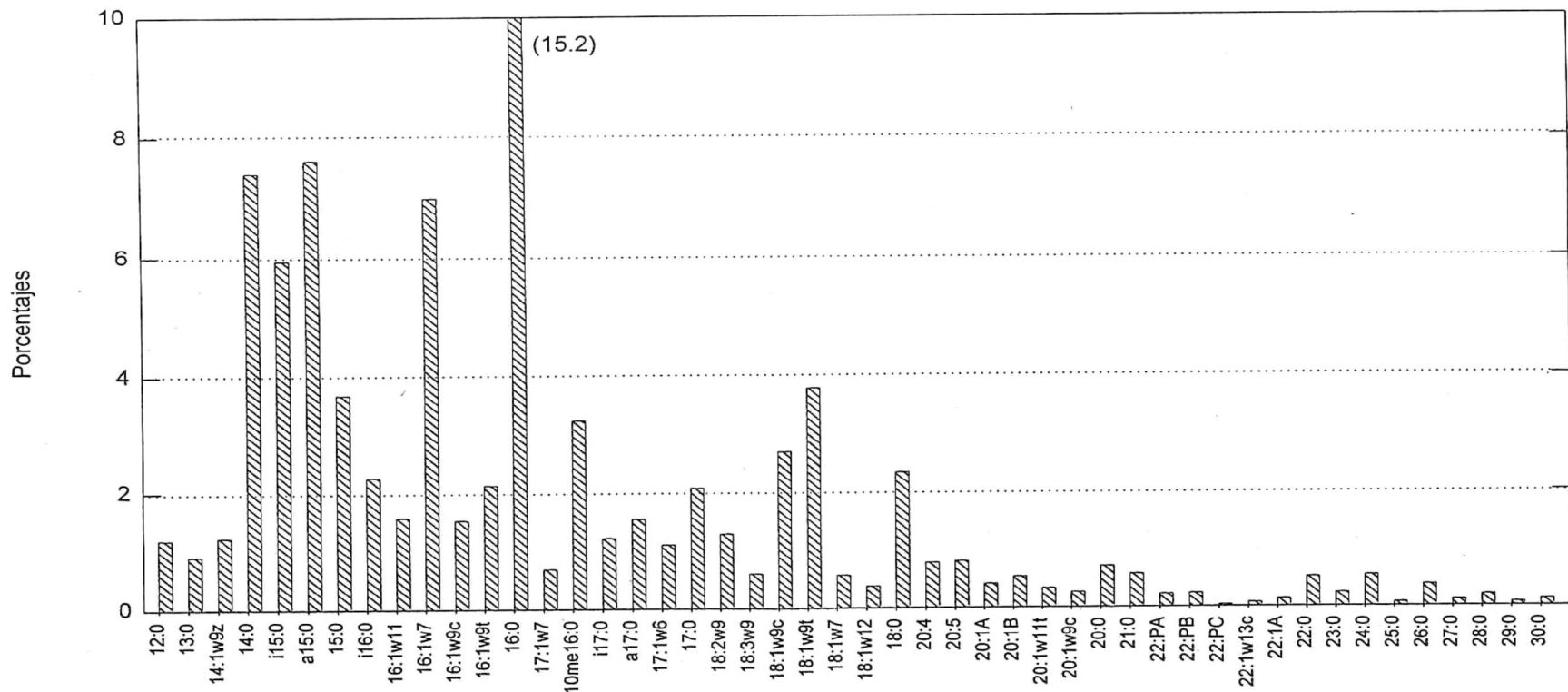


Figura 12. Distribución relativa de los ácidos grasos en los sedimentos superficiales del NGC. Estación "BP03", representante del Grupo 2. 1A, 1B, moinsaturados A y B. PA, PB, PC, polinsaturados A, B y C.

en la proporción de los ácidos monoinsaturados sobre los poliinsaturados refleja una mayor degradación de los poliinsaturados en la columna de agua y sedimentos. Esta degradación puede asociarse a una mayor abundancia de los ácidos 16:1 ω 9t y a15:0 provenientes de una fuente bacteriana (denominada en el AF como bacterias A). Por otro lado, la baja abundancia de los ácidos saturados (>22 carbonos) sugiere una menor contribución relativa de la fuente terrestre hacia la región de la Cuenca Wagner en comparación con el resto de las regiones. Sin embargo, como se indicó previamente, los sedimentos de la Cuenca Wagner tienen un alto contenido de carbono orgánico (Fig. 9) y de ácidos grasos totales (Fig. 2), por lo que los flujos absolutos de carbono tanto fitoplanctónico como terrígeno son más elevados que en zonas más someras.

La región de la Cuenca Delfín se distinguió de las otras regiones (excepto la región de la Cuenca Tiburón) por presentar los mayores porcentajes de los ácidos 22:0 y 24:0 (Figs. A5 y A6) y promedios elevados de los ácidos 26:0, 28:0, todos ellos de origen terrígeno. El perfil típico de ácidos grasos para la región de la Cuenca Delfín fue representado por la estación AP09 (Fig. 13). La elevada abundancia de los ácidos saturados de cadena larga (>22 carbonos) indica una mayor contribución relativa de la fuente terrestre. La región presentó también los promedios mayores para los ácidos 16:1 ω 9t, a15:0 (excepto para la región de la Cuenca Wagner), y a17:0 (Figs A5, A6 y A8). La abundancia de los ácidos 16:1 ω 9t, a15:0 y a17:0 indica un mayor aporte de material de una fuente bacteriana (A), semejante a la fuente de la región de la Cuenca Wagner.

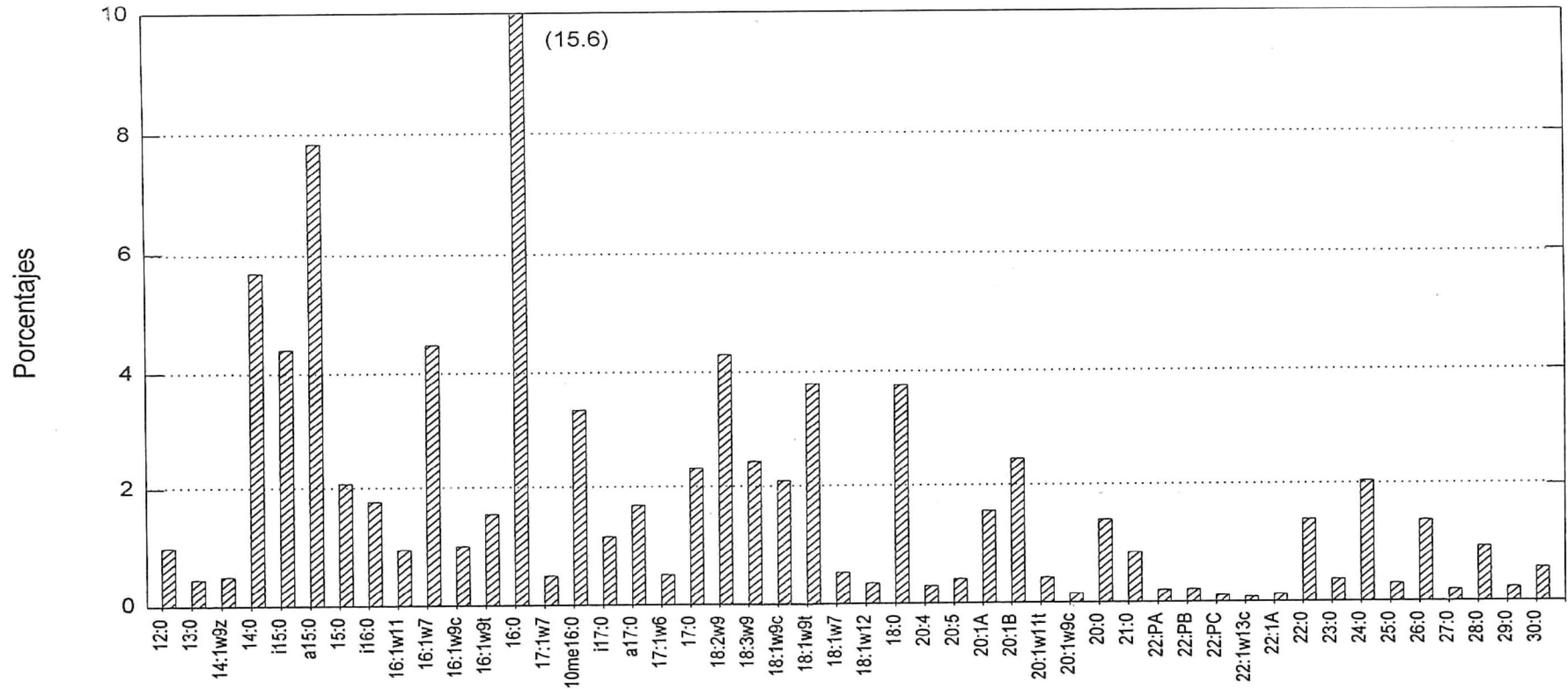


Figura 13. Distribución relativa de los ácidos grasos en los sedimentos superficiales del NGC. Estación "AP09", representante del Grupo 3. 1A, 1B, moinsaturados A y B. PA, PB, PC, polinsaturados A, B y C.

La región de la Costa de Baja California, representada por el perfil de los ácidos grasos de la estación FU12 (Fig. 14), se diferenció del resto de las regiones por presentar máximos porcentajes del ácido i17:0 (Fig. A9). La región también presentó promedios mayores de los ácidos 20:1 ω 9, 20:1A (excepto que la región de la Cuenca Tiburón), 18:3 ω 9, i15:0 y i16:0 (Figs. A7 y A8) en comparación a las otras regiones. Los elevados porcentajes de los ácidos iso-ramificados (i17:0, i15:0 y i16:0) indican un mayor aporte de una fuente bacteriana, previamente definida en el AF como bacterias (B). Por otra parte, la elevada abundancia de los ácidos 20:1 ω 9, 20:1A y 18:3 ω 9 sugiere un mayor aporte de una fuente zooplanctónica a los sedimentos de la región de la Costa de Baja California en comparación a las otras regiones.

La región de la Cuenca Tiburón, que únicamente incluye la estación KP01 (Fig. 15), presentó los más altos porcentajes de los ácidos 17:0, 18:0, 22:0, 24:0, 26:0, 28:0 y 20:1A (Figs. A5, A6 y A7) y bajos porcentajes del resto de los ácidos. La elevada abundancia de los ácidos saturados >22 carbonos indica que la contribución del material alóctono de plantas terrestres es mayor que en otras regiones.

6.4. *Aportes de las fuentes al NGC*

En la discusión previa se analizan las diferencias entre regiones en base a la contribución de los ácidos grasos individuales. Sin embargo, con el propósito de establecer de manera más general las similitudes y diferencias entre las regiones, se utilizan a continuación los resultados del AF en el que se agruparon los ácidos grasos en base a sus fuentes específicas. Los porcentajes de las fuentes representadas en los

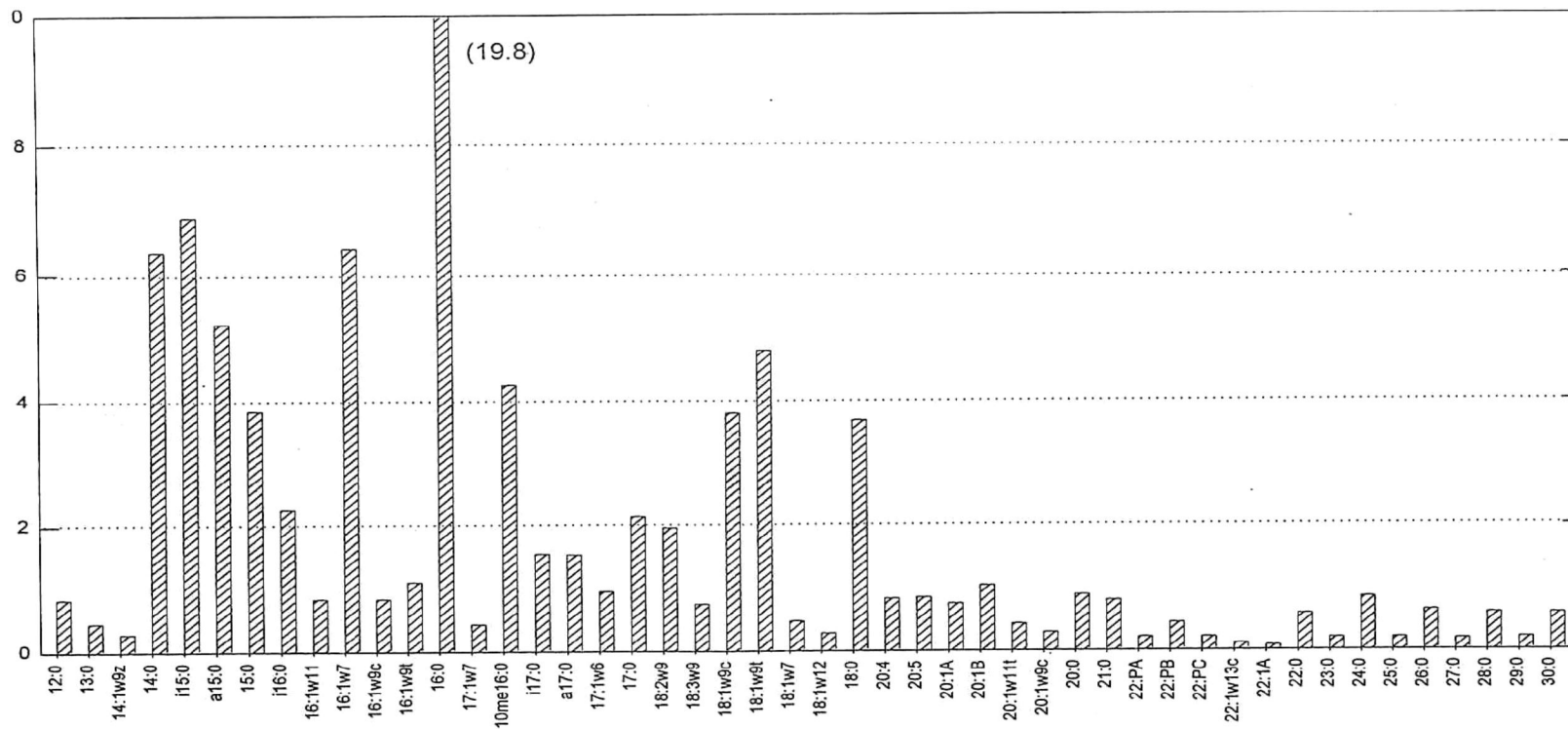


Figura 14. Distribución relativa de los ácidos grasos en los sedimentos superficiales del NGC. Estación "FU12", representante del Grupo 4. 1A, 1B, moinsaturados A y B. PA, PB, PC, polinsaturados A, B y C.

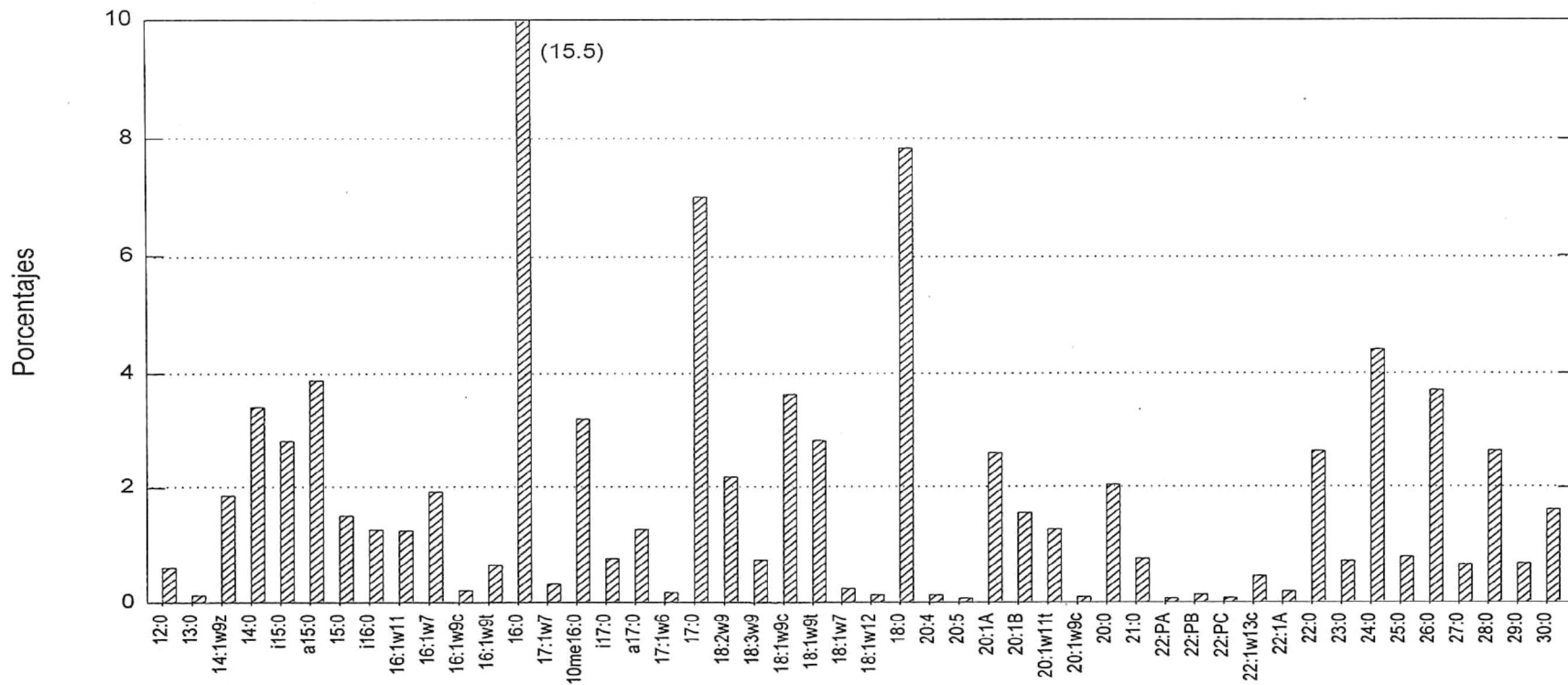


Figura 15. Distribución relativa de los ácidos grasos en los sedimentos superficiales del NGC. Estación "KP01", representante del Grupo6. 1A, 1B, moinsaturados A y B. PA, PB, PC, polinsaturados A, B y C.

diagramas de la Fig. 16, se obtuvieron sumando la contribución de cada uno de los ácidos grasos indicados en la Tabla 2.

Tabla 2. Ácidos grasos utilizados como biomarcadores para determinar las contribuciones de las fuentes para cada grupo de estaciones.

<i>Fitoplancton</i>	<i>Zooplancton</i>	<i>Bacterias A</i>	<i>Bacterias B</i>	<i>Bacterias Sulfato-reductoras</i>	<i>Terrestre</i>
16:1 ω 9c	18:2 ω 9	a15:0	i15:0	18:1 ω 9c	22:0
16:1 ω 7	18:3 ω 9	a17:0	i16:0	18:1 ω 9t	24:0
17:1 ω 6	20:1A	16:1 ω 9t	i17:0	10me16:0	26:0
20:4	20:1B				28:0
20:5					
22:PA					
22:PB					
22:PC					

Antes de discutir los resultados mostrados en la Fig. 16, cabe aclarar que únicamente se utilizaron en los cálculos 25 de los 65 ácidos grasos generalmente encontrados en los sedimentos del NGC. Lo anterior se debe a que estos 25 son los más específicos para determinar las fuentes. Por lo tanto, los porcentajes reportados en la Fig. 16 se utilizaron únicamente para contrastar las diferentes regiones, pero no representan la contribución absoluta de cada fuente a los ácidos grasos totales. La contribución absoluta de cada una de las fuentes, utilizando ácidos grasos como biomarcadores, es muy difícil de determinar. Por ejemplo, los ácidos 14:0, 15:0 y 16:0 (Tabla A13) contribuyeron generalmente en forma significativa a los ácidos grasos totales (3.2-7.6%, 1.5-10% y 8.7-25%, respectivamente). Sin embargo, debido a su baja especificidad no podemos asignarlos a una fuente en particular, aunque es posible que una proporción significativa de estos ácidos sea aportada por una fuente fitoplanctónica. Por lo tanto, la contribución

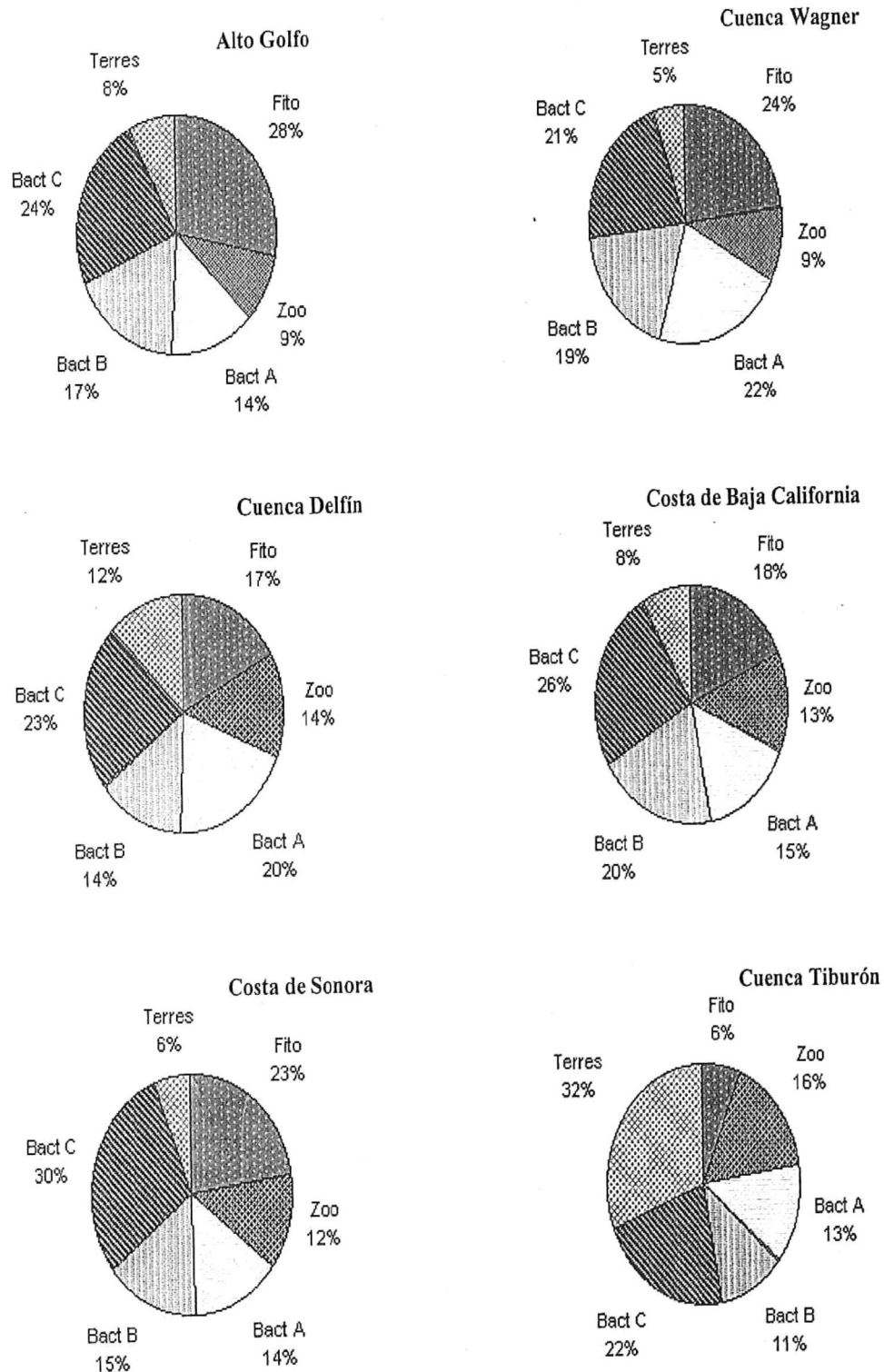


Figura 16. Contribuciones porcentuales de las fuentes del fitoplancton (Fito), zooplancton (Zoo), bacterias (Bact A, B y C: sulfato-reductoras), y terrestre (Terres) para las regiones del NGC.

porcentual de la fuente fitoplanctónica representada en la Fig. 16 puede estar subestimada, aunque esto no invalida la comparación entre regiones analizando únicamente la información aquí utilizada.

6.4.1. *Aportes Fitoplanctónicos*

En general, los aportes autóctonos (fitoplancton, zooplancton y bacterias) de ácidos grasos hacia los sedimentos superficiales del NGC fueron mayores que los aportes alóctonos (terrágenos). En particular, excluyendo la muestra de la Cuenca Tiburón, los aportes fitoplanctónicos variaron entre 17 y 28% (Fig. 16) y fueron mayores que los aportes alóctonos.

Es de esperar que los aportes de carbono orgánico fitoplanctónico hacia los sedimentos del NGC sean importantes, considerando que es una región altamente productiva y que los aportes alóctonos (eg. por el Río Colorado) son prácticamente nulos en la actualidad. En general, se considera al Golfo de California como un sistema altamente productivo, sin embargo, dentro de él existen regiones con mayor o menor productividad. Santamaría-del-Angel *et al.* (1994) clasificaron el NGC en 7 regiones basados en concentraciones de pigmentos (Chl "a") derivadas de observaciones de satélite. En base a ese trabajo, para este estudio se planteó la hipótesis de que estas diferencias en la producción en columna de agua pudieran reflejarse en la composición de los sedimentos.

Las regiones del Alto Golfo y Costa de Sonora en este estudio (Fig. 8) mostraron porcentajes altos de ácidos grasos fitoplanctónicos (Fig. 16) y concuerdan en general con

las regiones altamente productivas (regiones I, III y VI) de Santamaría-del-Angel *et al.* (1994). Estos autores reportaron valores promedio de pigmentos en el rango de 5.0 a 5.3 mg m^{-3} para la región I (Alto Golfo). En el caso de la región de la Costa de Sonora, Santamaría-del-Angel *et al.* (1994) reportó valores promedio de pigmentos en el intervalo de 3.3 a 6.0 mg m^{-3} y Gendrop-Funes *et al.* (1978) reportaron valores de Chl "a", distribuidos en forma de manchas, de 3.5 a 30 mg m^{-3} . Por otro lado, Valdez-Holguín *et al.* (1995) reportaron una productividad primaria integrada de 78.7 $\text{mgC m}^{-2} \text{h}^{-1}$. Las altas biomásas y productividades fitoplanctónicas en la Costa de Sonora se relacionaron a la presencia de eventos de surgencia en esa región (Santamaría-del-Angel *et al.*, 1994). Los valores de concentración de Chl "a" y productividad primaria para las regiones del Alto Golfo y Costa de Sonora son muy elevados, y comparables con otras zonas altamente productivas como las zonas de surgencias de las costa de Perú (42 a 146 $\text{mgC m}^{-2} \text{h}^{-1}$; Raymont, 1980), Baja California y California (~20 a 200 $\text{mgC m}^{-2} \text{h}^{-1}$; Mann y Lazier, 1991).

La alta proporción de la fuente fitoplanctónica en la región de la Cuenca Wagner puede estar relacionada con aportes de material del Alto Golfo y la Costa de Sonora aunados con el aporte de la columna de agua de la región. Lavín *et al.* (1995) reportaron que el origen del agua de fondo de la Cuenca Wagner proviene principalmente de las regiones someras del Alto Golfo y la costa este del NGC. Además, resultados de modelos de corrientes residuales (Marinone y Lavín, 1997) también sugieren un transporte de agua desde la parte norte de la Costa de Sonora hacia la Cuenca Wagner. Posiblemente la intrusión de la región Costa de Sonora, al norte de la Cuenca Wagner,

observada en la Fig. 8 sea un reflejo de este patrón de transporte. Para esta región se han reportado valores intermedios de Chl "a" de 5 a 10 mg m⁻³ (Gendrop-Funes *et al.*, 1978), así como bajas abundancias de diatomeas y nanoflagelados (1 a 2 cells ml⁻¹; Alvarez-Borrego y Gaxiola-Castro, 1988).

La baja proporción de la fuente fitoplanctónica en las regiones de la Cuenca Delfín y Cuenca Tiburón (Fig. 16) puede deberse a la relativa baja productividad y a lo profundo de las zonas. La región de la Cuenca Delfín en el presente estudio incluye la región IV y parte de las regiones II y VIII de Santamaría-del-Angel *et al.* (1994), las cuales se caracterizaron por presentar valores promedio de pigmentos en el intervalo de 0.05 a 3.3 mg m⁻³. También, Gendrop-Funes *et al.* (1978) reportaron valores relativamente bajos de Chl "a" (0.5-2.0 mg m⁻³) y Alvarez-Borrego y Gaxiola-Castro (1988) reportaron valores entre 1.3 y 6.4 mg m⁻³. Además, Valdez-Holguín *et al.* (1995) reportaron una productividad primaria integrada de entre 32.9 y 49.6 mgC m⁻² h⁻¹, menor a la registrada en la región de la costa de Sonora. Hacia el norte de la región de la Cuenca Delfín, Millán-Núñez (1992) reportó un dominio del grupo de los nanoflagelados sobre las diatomeas y dinoflagelados, en donde los organismos menores de 10 µm dominaron sobre las fracciones de 10-20 µm y >20 µm en proporción de 6 a 1. La profundidad de la región también puede contribuir a los "bajos" porcentajes de ácidos grasos fitoplanctónicos ya que este material puede sufrir mayor degradación en la columna de agua durante el transporte. En esta región, 13 de las 16 estaciones se colectaron a profundidades mayores de 100 m y las 3 restantes a profundidades mayores a 70 m (Tabla 1). El efecto de la diagénesis de ácidos grasos fitoplanctónicos en columna

de agua es mas obvio para la muestra de la Cuenca Tiburón, la cual presentó un porcentaje de 6% (Fig. 16) y fue colectada de una profundidad de 510 m.

La región de la Costa de Baja California (Fig 8) aparenta ser una zona de “transito” de materiales desde el Alto Golfo, y posiblemente desde la parte norte de la región de la Costa Sonora, hacia la Cuenca Delfín. La contribución fitoplanctónica en esta región fue relativamente baja (18%), y similar a la Cuenca Delfín (17%), a pesar de que las estaciones correspondientes a la región son mucho mas someras (< 40 m para 5 de las 6 estaciones) que para la Cuenca Delfín. Estos niveles relativamente bajos se pueden explicar parcialmente en base a los resultados de Santamaría-del-Angel *et al.* (1994), quienes reportaron concentraciones de pigmentos fotosintéticos menores que para el Alto Golfo y la Costa de Sonora. De hecho, la región Costa de Baja California de nuestro estudio está incluida en la región II de Santamaría-del-Angel *et al.* (1994), la cual también incluye parte de la Cuenca Delfín. Posiblemente, además de los bajos aportes desde la columna de agua, los porcentajes relativamente bajos de material fitoplanctónico se deban a una degradación mas intensa en los sedimentos, lo cual se evidencia por una mayor proporción de ácidos grasos de origen bacteriano (~61%) en la Costa de Baja California.

6.4.2. Aportes Zooplanctónicos

Como se observa en la Fig. 16 los aportes zooplanctónicos hacia los sedimentos superficiales del NGC estuvieron en el rango de 9 a 16%, siendo estos inferiores que los aportes fitoplanctónicos.

El porcentaje de la fuente zooplanctónica fue mayor en las regiones de la Cuenca Tiburón, Cuenca Delfín y Costa de Baja California y menor en las regiones donde el aporte fitoplanctónico fue alto. Reemtsma *et al.* (1990) reportaron que el material zooplanctónico que ocurre en forma de macroagregados y pellets fecales presenta una alta velocidad de sedimentación. Por lo tanto, la degradación en columna de agua de este material es menor comparada con el material fitoplanctónico, por lo que la señal zooplanctónica puede aumentar en los sedimentos superficiales de las regiones relativamente profundas.

Posiblemente la señal zooplanctónica se ve disminuída en las regiones someras y más productivas de la zona de estudio debido a la elevada abundancia relativa de la fuente fitoplanctónica. En la región del Alto Golfo se han reportado valores elevados de biomasa zooplanctónica en el rango de 1 a 150 mg m⁻³ (Farfán y Alvarez-Borrego, 1992). Estos valores de biomasa son un indicativo de su abundancia, sin embargo, en los sedimentos superficiales de la región del Alto Golfo la proporción de la fuente zooplanctónica fue menor en comparación con otras regiones (Fig. 16). Por lo tanto, aunque los aportes zooplanctónicos sean elevados, los aportes fitoplanctónicos son mayores, por lo que diluyen la señal zooplanctónica.

6.4.3. Aportes Terrígenos

El aporte terrígeno presentó una variación de entre 5 y 32 % (Fig. 16). La contribución terrígena fue mayor en las regiones de la Cuenca Tiburón y Cuenca Delfín, y menor en las regiones de la Cuenca Wagner y Costa de Sonora.

La presencia del material orgánico terrígeno en las regiones profundas y alejadas de sus fuentes (principalmente el Río Colorado) puede relacionarse con el proceso de resuspensión del material de las regiones someras del Alto Golfo en donde la mezcla por marea y la turbidez son altas (Santamaría-del-Angel *et al.*, 1994). Baba *et al.* (1991a) reportaron que la resuspensión de sedimentos de grano fino de la plataforma somera en el Golfo Norte y/o el transporte eólico de limos y arcillas desde el continente, pueden ser responsables del aporte constante y acumulación de sedimentos terrígenos en la Cuenca Delfín. En base a un núcleo sedimentario colectado en esta cuenca, estos autores reportaron una tasa de sedimentación elevada ($2.5-4.0 \text{ cm año}^{-1}$).

Otros factores que pueden influir en la abundancia de la fuente alóctona son los efectos de matriz y el retrabajamiento. Sun y Wakeham (1994) mencionaron que la matriz del sedimento puede proteger los componentes orgánicos a ser degradados, siendo una de las mayores razones de la estabilidad relativa de los componentes lipídicos de origen terrígeno. Por otro lado, Canuel y Martens (1996) establecen que el material terrígeno es retrabajado durante su transporte hacia los medios marinos, por lo que los componentes más refractarios alcanzan a depositarse en los sedimentos.

El incremento de la fuente alóctona en las regiones de la Cuenca Delfín y Tiburón puede ser también el resultado de la degradación del material algal en la columna de agua y sedimentos, siendo este más reactivo que el terrestre (Reemtsma *et al.*, 1990; Henrichs, 1992). Por ejemplo, Canuel y Martens (1996) y Colombo *et al.* (1997) reportaron una mayor reactividad de los ácidos 14:0, 16:0, 16:1 ω 7 y los polinsaturados de 20 carbonos (20:4 + 20:5) y una mayor estabilidad de los ácidos

saturados >24 carbonos. Sin embargo, aunque en general se ha reportado una mayor reactividad del material fitoplanctónico con respecto al terrígeno, este no es siempre el caso. Por ejemplo, Sun y Wakeham (1994) reportaron mayor reactividad del ácido 24:0 con respecto al 16:1 ω 7, por lo que las diferencias en reactividad de los ácidos grasos de diferente origen también pueden depender del medio ambiente depositacional (Canuel y Martens, 1996).

Por otra parte, la baja abundancia relativa de la fuente terrestre en la Cuenca Wagner y Costa de Sonora podría estar asociada con el aporte de material de origen marino que diluye la señal terrígena. Otra posibilidad puede ser un bajo aporte de material terrígeno hacia estas regiones si consideramos que existe un mayor transporte de los sedimentos (provenientes de Delta del Río Colorado) sobre la costa de la Península de Baja California producto de la circulación ciclónica dominante en el Alto Golfo, con una entrada de agua del lado de la costa de Sonora y salida del lado de la costa de Baja California (Bray *et al.*, 1988a; Marinone y Lavín, 1997).

6.4.4. Aportes Bacterianos

La Fig. 16 muestra una contribución importante de las fuentes bacterianas (Σ bacterias A, B y sulfato-reductoras) en todas las regiones del NGC (46 a 62%). Estos resultados indican que las bacterias contribuyen significativamente en el aporte de carbono orgánico a los sedimentos del NGC. En un estudio realizado en un canal del Delta del Río Colorado, Orozco-Borbón (1995) reportó una productividad bacteriana (entre 9 y 18 mgC m⁻³ h⁻¹), mayor inclusive que la productividad orgánica primaria (entre

0.5 y 7 mgC m⁻³ h⁻¹). Para estaciones frente a Santa Clara y San Felipe esta autora reportó una menor productividad bacteriana (1.8-5.2 y 1.4-3.3 mgC m⁻³ h⁻¹, respectivamente) pero menor a la productividad fitoplanctónica. Estos resultados indican la importancia que tienen las bacterias en los procesos de degradación del material orgánico en el NGC. Sin embargo, el dominio de las fuentes bacterianas puede ser debido también a la baja reactividad de los ácidos grasos ramificados, la cual favorece un incremento en la señal (Canuel y Martens, 1996). Además, Canuel y Martens (1993) establecen que las bacterias no solo contribuyen con su señal si no que también alteran la señal de otros organismos via la transformación diagenética.

En el presente estudio se observaron diferencias en el aporte de carbono orgánico de las tres fuentes bacterianas (bacterias A, B y sulfato-reductoras) determinadas con el AF (Fig. 6). Ya que no se contó con información mas específica sobre la composición de ácidos grasos en comunidades bacterianas marinas, es difícil determinar el tipo de bacterias representado por el grupo A y el grupo B. En otros estudios la razón entre los ácidos grasos ramificados y sus homólogos se ha utilizado como un índice de la abundancia bacteriana (Reemtsma *et al.*, 1990; Wakeham y Beier, 1991; Jeng y Chen, 1995).

Para contrastar las abundancias relativas de cada una de estas fuentes en cada muestra en la Fig. 17 se presentan las razones entre los ácidos grasos a15:0 (representante de las bacterias A), i15:0 (representante de las bacterias B), 10me16:0 (biomarcador de bacterias sulfato-reductoras) y el ácido graso 15:0.

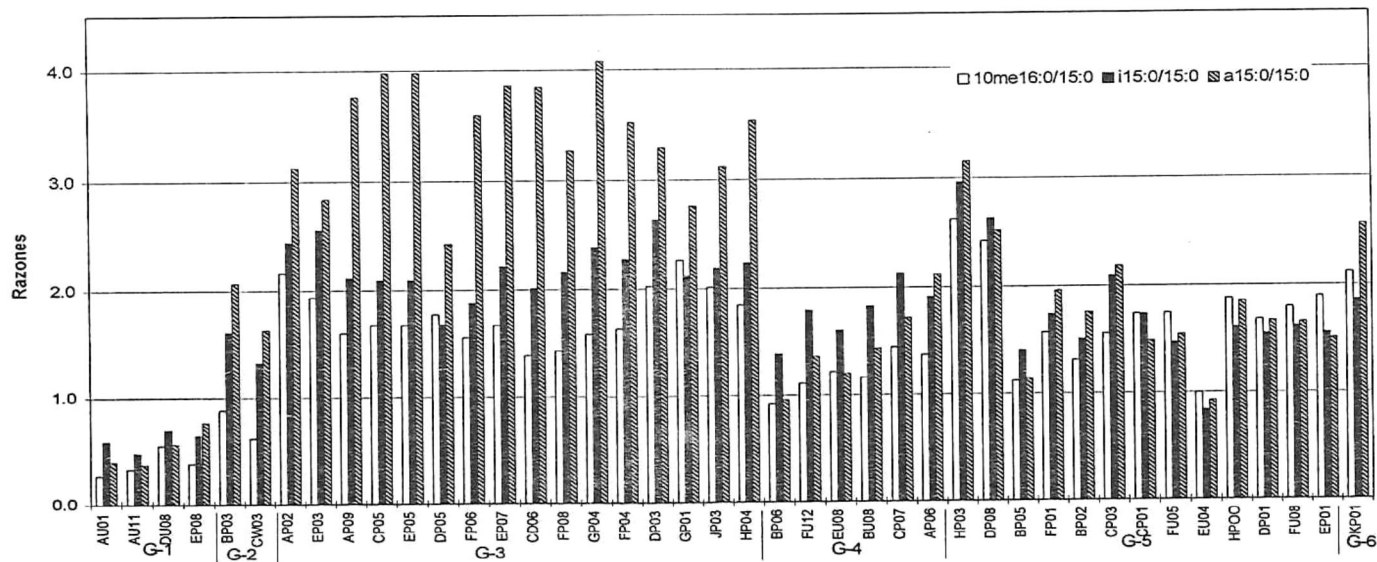


Figura 17. Razones de los ácidos grasos 10me16:0, i15:0 y a15:0 vs. 15:0, en los sedimentos superficiales del NGC. Ordenación por grupos de estaciones.

Los aportes de la fuente bacteriana (A) variaron en el intervalo de 13 a 22 % (Fig. 16) con un mayor aporte para las regiones de la Cuenca Wagner y Cuenca Delfín. En estas regiones se observó claramente un dominio en la razón a15:0/15:0 (Fig. 17 y Tabla A14), que sugiere un dominio de la fuente bacteriana (A) en las regiones profundas, en comparación con el aporte a las zonas más someras. Lavín *et al.* (1995) reportaron que en la Cuenca Delfín el oxígeno disminuyó con la profundidad, en cambio, las concentraciones de los nutrientes (PO_4 , NO_3^- y SiO_2) se incrementaron. Estos autores establecen que los altos valores de fosfatos (3-3.5 μM) posiblemente son debido a una rápida remineralización controlada por la tasa de degradación de la materia orgánica y por el efecto de mezcla vertical.

Los aportes de la fuente bacteriana (B), representada por los ácidos grasos iso-ramificados (Tabla 2), estuvieron en el rango de 11 a 20 % (Fig. 16). La Costa de Baja California y la Cuenca Wagner presentaron los mayores porcentajes de esta fuente seguidas por el Alto Golfo. En las regiones de Costa Baja California y Alto Golfo, con la excepción de las estaciones EP08 y AP06 (> 100 m de profundidad), las razones i15:0/15:0 fueron mayores que las razones a15:/15:0 y 10me16:0/15:0. En las regiones someras del NGC se han registrado concentraciones de oxígeno disuelto mayores de 6 ml l⁻¹ (Lavín *et al.*, 1995), por lo que, probablemente las bacterias B tengan preferencia por sedimentos bien oxigenados y contribuyan a la degradación aeróbica de la materia orgánica.

En algunos estudios se han reportado diferencias en el comportamiento de los ácidos iso y anteiso-ramificados. Por ejemplo, Colombo *et al.* (1997) observaron, en un núcleo sedimentario, un incremento en la abundancia del a15:0 (con máximo entre los 14-

20 cm), el cual coincidía con el máximo de reducción de sulfatos, sugiriendo que las bacterias sulfato-reductoras o fermentativas pudieran ser la fuente. De acuerdo a Colombo *et al.* (1997) el ácido i15:0 también se ha reportado como abundante en bacterias sulfato-reductoras, sin embargo, en su estudio no presentó el mismo comportamiento que el a15:0. Estos autores sugieren que las diferencias observadas se deben a un bajo contenido del i15:0 en las bacterias sulfato-reductoras y a una mayor reactividad. Canuel y Martens (1996) reportaron bajas razones de degradación para los ácidos grasos ramificados, sin embargo, el i15:0 en los sedimentos superficiales presentó una reactividad intermedia entre los componentes derivados de plantas algales y terrestres, mientras que el anteiso ramificado (a17/17:1) no presentó una degradación significativa. En el presente trabajo, se atribuye la presencia de los ácidos iso y anteiso-ramificados a dos fuentes distintas de bacterias, sin embargo, no se descarta la posibilidad de que pertenezcan a la misma fuente y solamente las diferencias entre estos ácidos estén relacionadas con la reactividad.

Los aportes de las bacterias sulfato-reductoras variaron de entre 21 y 30 %, siendo la Costa de Sonora la región con un mayor porcentaje de esta fuente (Fig. 16). Particularmente, en siete estaciones se observó un dominio en la razón 10me16:0/15:0 (Fig. 17 y Tabla A14) lo que establece un mayor aporte de esta fuente a la región de la Costa de Sonora. Existe la posibilidad de que en los sedimentos superficiales de esta región se estén llevando a cabo los procesos de degradación en condiciones anóxicas, ya que el 10me16:0 es considerado un biomarcador de bacterias sulfato-reductoras comúnmente del género *Desulfobacter* (Smith *et al.*, 1986; Rajendran *et al.*, 1992).

7. CONCLUSIONES

La distribución espacial de las concentraciones de materia orgánica y ácidos grasos en los sedimentos superficiales del NGC indica una acumulación en las regiones profundas de las cuencas Wagner y Delfin.

En este estudio seis fuentes de carbono orgánico hacia los sedimentos del NGC fueron definidas utilizando el análisis factorial: fitoplanctónica, zooplanctónica, terrestre y tres fuentes bacterianas (bacterias A, B y sulfato-reductoras).

Los sedimentos superficiales del NGC se clasificaron en 6 regiones: Alto Golfo, Costa de Sonora, Cuenca Wagner, Cuenca Delfin, Costa de Baja California y Cuenca Tiburón.

Se observó una alta abundancia relativa de los ácidos grasos fitoplanctónicos en los sedimentos de las regiones del Alto Golfo y Costa de Sonora, para las que se han reportado altos valores de productividad primaria. Por lo tanto, se concluye que la producción primaria en la columna de agua se ve reflejada en la composición de los sedimentos.

La disminución en el aporte fitoplanctónico y el aumento del aporte zooplanctónico en las regiones profundas del NGC se debe posiblemente a una mayor degradación del material fitoplanctónico en la columna de agua y en los sedimentos, en

tanto el material zooplanctónico es menos susceptible a la degradación por la alta velocidad de asentamiento y el empaquetamiento (protección) de los pelets fecales y los macroagregados. Por lo tanto, se concluye que la profundidad y la diagénesis en la columna de agua deben jugar un papel importante en la composición orgánica de los sedimentos del NGC.

El material orgánico terrígeno se presentó en los sedimentos de toda la cuenca del NGC y su abundancia relativa fue mayor en las zonas profundas. Se concluye que el aumento en la contribución relativa de la fuente terrígena en las regiones profundas y alejadas de su origen se debe probablemente a la baja reactividad de los ácidos grasos terrígenos y al transporte de material terrígeno desde el Delta del Río Colorado, de donde es resuspendido por efectos de las mareas y transportado por las corrientes.

En base a la alta abundancia de los ácidos grasos bacterianos se establece que la actividad bacteriana y por lo tanto la diagénesis en los sedimentos del NGC es intensa. La clasificación de los ácidos grasos sugiere la presencia de 3 tipos de comunidades bacterianas que reflejan posiblemente condiciones óxicas en las regiones del Alto Golfo y Costa de Baja California y anóxicas de los sedimentos de las regiones de la Costa de Sonora.

8. LITERATURA CITADA

- Alvarez-Borrego, S y G. Gaxiola-Castro (1988). Photosynthetic parameters of northern Gulf of California phytoplankton. *Cont. Shelf Res.*, 8, 37-47.
- Baba, J., C.D. Peterson and H.J. Schrader (1991a). Fine-grained terrigenous sediment supply and dispersal in the Gulf of California during the last century. In: Dauphin, J.P. and Simoneit, B. (Eds.). *The Gulf and Peninsular Province of the Californias. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, Memoir 47:589-602.
- Baba, J., C.D. Peterson and H.J. Schrader (1991b). Modern fine-grained sediment in the Gulf of California. In: Dauphin, J.P. and Simoneit, B. (Eds.). *The Gulf and Peninsular Province of the Californias. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Memoir* 47:569-587.
- Bray, N.A. (1988a). Thermohaline circulation in the Gulf of California. *J. Geophys. Res.*, 93, 4993-5020.
- Bray, N.A. (1988b). Water mass formation in the Gulf of California. *J. Geophys. Res.*, 93, 9223-9240.
- Canuel, E.A. and C.S. Martens (1993). Seasonal variations in the source and alteration of organic matter associated with recently-deposited sediments. *Org. Geochem.*, 20, 563-577.
- Canuel, E.A. and C.S. Martens (1996). Reactivity of recently deposited organic matter: Degradation of lipid compounds near the sediment-water interface. *Geochem. Cosmochim. Acta.*, 60(10):1793-1806.
- Colombo, J.C., N. Silverburg and J.N. Gearing (1996). Biogeochemistry of organic matter in the Laurentian Trough, II. Bulk composition of the sediments and relative reactivity of major components during early diagenesis. *Mar. Chem.*, 51, 277-293.
- Colombo, J.C., N. Silverburg and J.N. Gearing (1997). Lipid biogeochemistry un the Laurentian Trough II. Changes in composition of fatty acids, sterols and aliphatic hydrocarbons during early diagenesis. *Org. Geochem.*, 26(2/4):257-274.
- Davis, J.C. (1986). *Statistics and data analysis in geology*. Second Ed. John Wiley and Sons. New York. 646 p.
- Farfán, C. y S. Alvarez-Borrego (1992). Biomasa del zooplancton del Alto Golfo de California. *Ciencias Marinas.*, 18(3):17-36.

- Gaxiola-Castro, G., J. García-Cordova, J.E. Valdez-Holguín and M. Botello-Ruvalcaba (1995). Spatial distribution of chlorophyll a and primary productivity in relation to winter physical structure in the Gulf of California. *Cont. shelf Res.*, 15(9):1043-1059.
- Gendrop-Funes, V., M. J. Acosta-Ruiz y R. A. Schwartzlose (1978). Distribución horizontal de clorofila "a" durante la primavera en la parte norte del Golfo de California. *Ciencias Marinas.*, 5, 71-89.
- Hayakawa, K., N. Handa, N. Ikuta and M. Fukuchi (1996). Downward fluxes of fatty acids and hidrocarbons during a phytoplankton bloom in the austral summer in Breid Bay, Antartica. *Org. Geochem.*, 24(5):511-521.
- Henrichs, S.M. (1992). Early diagenesis of matter organic matter in marine sediments: Progress and perplexity. *Mar. Chem.*, 39, 119-149.
- Hernández-Becerril D.U. (1985). Estructura del fitoplancton del Golfo de California. *Ciencias Marinas.*, 5(1):71-89.
- Jeng, W.L. and M.P. Chen (1995). Grain size effect on bound lipids in sediments off northeastern Taiwan. *Org. Geochem.*, 23(4):301-310.
- Kortzinger, A., D.E. Schulz-Bull, G. Petrick and J.C. Duinker (1994). Evidence for dissolution of fatty acids in sediment tramps: impact on flux estimates. *J. Geophys. Res.*, 99(C2), 3407-3415.
- Lalli, C.M. and T.R. Parsons (1993). Biological oceanography: an introduction. Pergamon Press. 301 p.
- Lavín, M.F., G. Gaxiola-Castro and J.M. Robles (1995). Winter water mass and nutrients in the northern Gulf of California. *J. Geophys. Res.*, 100, 8587-8605.
- Lavín, M.F., V. Godinez y S. Sanchez. (1989). El Alto Golfo de California en el invierno 1987-1988. *Geos.*, 9, 347-355.
- Manly, B.F.J. (1986) Multivariate statistical methods a primer. Chapman & Hall, First Edition. 146 pp.
- Mann, K. H. and J.R.N. Lazier (1991). Dynamics of marine ecosystems: biological, physical interactions in the oceans. Blackwell Scientific Publications. 466 p.
- Marinone, S.G. y M.F. Lavín (1997). Mareas y corrientes residuales en el Golfo de California. En: Lavín, M.F. (Eds). Contribuciones a la oceanografía física en México. Monografía No. 3. *Unión Geofísica Mexicana*. 117-144 pp.

- Mayzaud, P., J.P. Chanut and R.G. Ackman (1989). Seasonal changes of the biochemical composition of marine particulate matter with special reference to fatty acids and sterol. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 56, 189-204.
- Millán-Núñez, E. (1992). Distribución espacial del fitoplancton en la parte norte del Golfo de California. *Ciencias Marinas.*, 18(2):101-117.
- Najdek, M. (1993). Factors influencing fatty acid and hydrocarbon composition of sedimenting particles in the northeastern Adriatic Sea. *Mar. Chem.*, 41, 299-310.
- Orosco-Borbón, M.V. (1995). Producción y biomasa del bacterioplancton en el Delta del Río Colorado y San Felipe, B.C., Golfo de California. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas, UABC., Ensenada, B.C. México.
- Quemeneur, M. and Y. Marty (1992). Sewage influence in a Macrotidal Estuary: fatty acids and sterol distribution. *Estuarine Coastal Shelf Sci.*, 34, 347-363.
- Rajendran, N., O. Matsuda, N. Imamura and Y. Urushigawa (1992). Determination of microbial biomass and its community structure from the distribution of phospholipid ester-linked fatty acids in sediments of Hiroshima Bay and its adjacent bays. *Estuarine Coastal Shelf. Sci.*, 34, 501-514.
- Raymont, J.E.G. (1980). Plankton and productivity in the ocean. 2nd Edition. Pergamon Press. Vol. 1 Phytoplankton. 489 p.
- Reemtsma, T., B. Haake, V. Ittekkot, R.R. Nair and V.H. Brockmann (1990). Downward flux of particulate fatty acids in the Central Arabian Sea. *Mar. Chem.*, 29, 183-202.
- Reemtsma, T. and V. Ittekkot (1992). Determination of factors controlling the fatty acid composition of setting particules in the water column by principal-component analysis and their quantitative assesment by multiple regresion, *Org. Geochem.*, 18, 121-129.
- Saliot, A., M. Brault and C. Boussuge (1988). The lipid geochemistry of interstitial waters of recent marine sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 52, 839-850.
- Santamaría-del-Angel, E.M., S. Alvarez-Borrego and F.E. Muller-Karger (1994). Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color scanner imagery. *J. Geophys. Res.*, 99, 7411-7421.
- Scribe, P., J. Fillaux, J. Laureillard, V. Denant and A. Saliot (1991). Fatty acids as biomarkers of planktonic inputs in the stratified estuary of the Krka River, Adriatic Sea: relationship with pigments. *Mar. Chem.*, 32, 299-312.

- Shaw, P.M. and R.B. Johns (1986). Organic geochemical studies of a recent Inner Great Barrier Reef sediments-II. Factor analysis of sedimentary organic materials in input source determinations. *Org. Geochem.*, 9(5):237-244.
- Sicre, M.A., J.L. Paillasseur, J.C. Marty and A. Saliot (1988). Characterization of seawater samples using chemometric methods applied to biomarker fatty acids. *Org. Geochem.*, 12(3):281-288.
- Skerratt, J.H., P.D. Nichols, T.A. McMeekin and H. Burton (1995). Seasonal and inter-annual changes in planktonic biomass and community structure in eastern Antarctica using signature lipids. *Mar. Chem.*, 51, 93-113.
- Smith, G.A., P.D. Nichols and D.C. White (1986). Fatty acid composition and microbial activity of benthic marine sediment from McMundo Sound, Antarctica. *FEMS microbiol. Ecol.*, 38, 219-231.
- Sun, M.Y. and S.G. Wakeham (1994). Molecular evidence for degradation and preservation of organic matter in the anoxic Black Sea Basin. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 58(16):3395-3406.
- Valdez-Holguín, J.E., G. Gaxiola-Castro y R. Cervantes-Duarte (1995). Productividad primaria en el Golfo de California, calculada a partir de la relación entre irradiancia superficial y clorofila de la zona eufótica. *Ciencias Marinas.*, 21(2);311-329.
- Van Andel, T.H. (1964). Recent marine sediments of the Gulf of California. In: Van Andel, T.H. and Shor, G.G. (Eds.). *Marine Geology of the Gulf of California: AAPG Memoir 3*, 216-310.
- Volkman, J.K., R.B. Johns, F.T. Gillan, G.J. Perry and H.J. Jr. Bayor (1980). Microbial lipids of an intertidal sediment-1. Fatty acids and hydrocarbons. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 44, 1133-1143.
- Wakeham, S.G. and J.A. Beier (1991). Fatty acid and sterol of particulate matter in a brackish and seasonally anoxic coastal Salt Pond. *Org. Geochem.*, 16, 703-713.
- Wakeham, S.G. and E.A. Canuel (1989). Fatty acids and sterol of particulate matter in a brackish and sea sonally anoxic Coastal Salt Pond. *Org. Geochem.*, 16, 703-713.
- Zeitshel, B. (1970). The quantity, composition and distribution of suspended particulate matter in the Gulf of California. *Mar. Biol.*, 7, 305-318.

APENDICE 1: FIGURAS

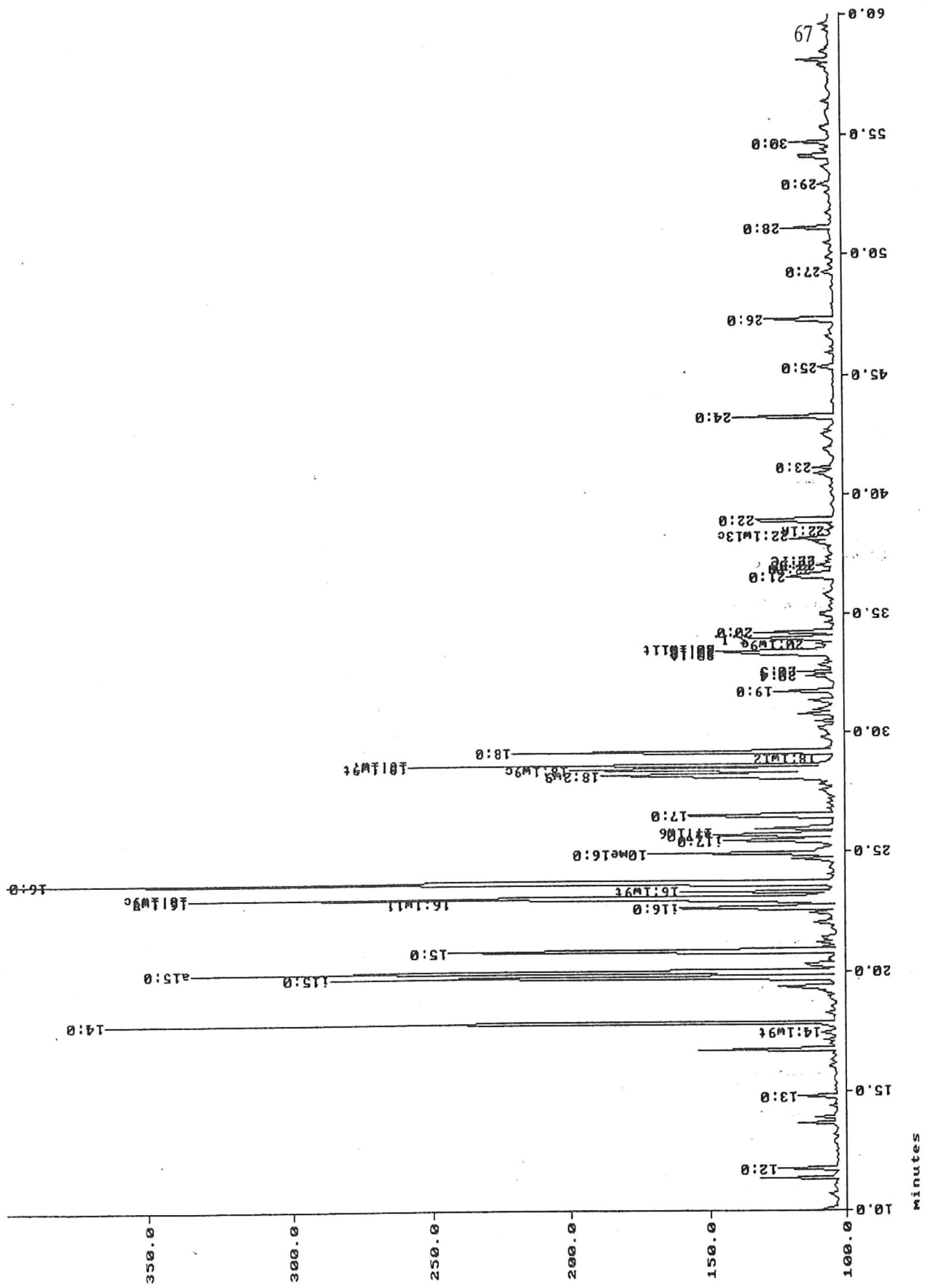


Figura A1. Cromatograma que presenta los ácidos grasos de la estación CW03.

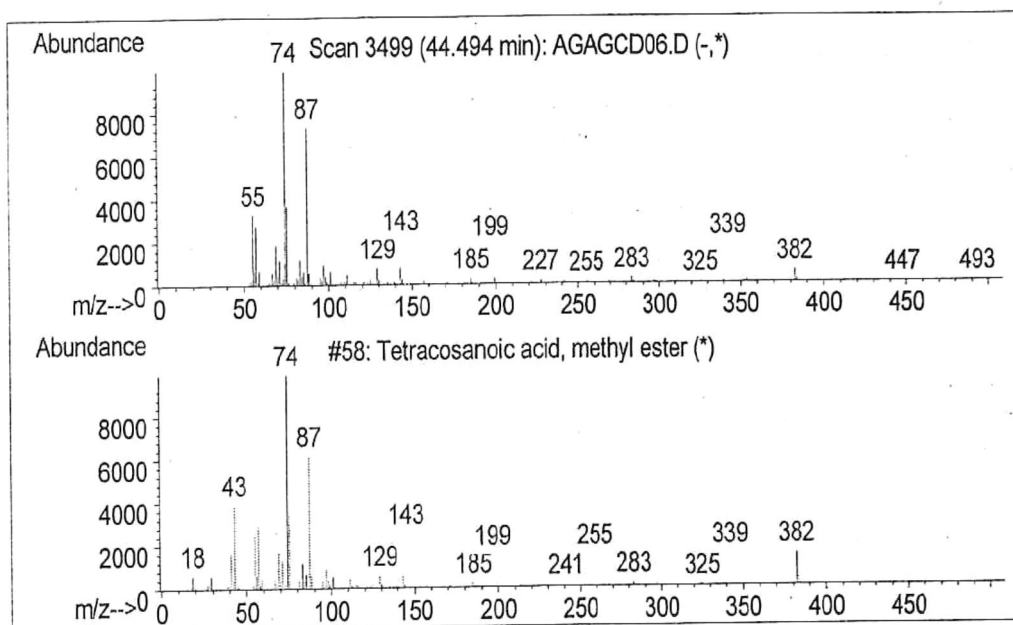


Figura A2. Espectro de masas del ácido tetracosanoico metil ester (24:0). El espectro superior pertenece a la muestra problema y el inferior al estándar puro.

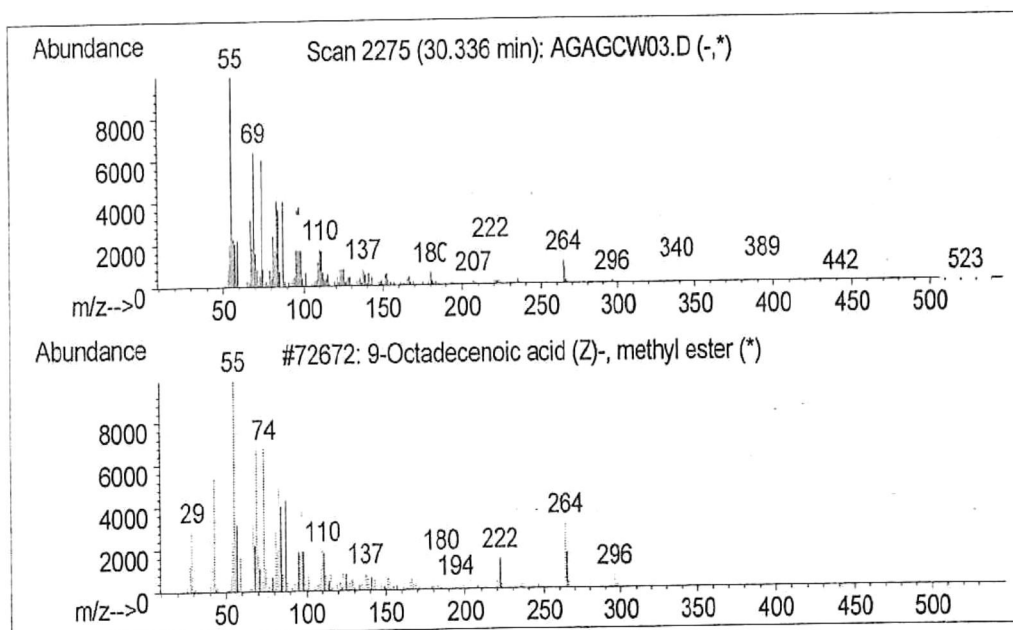


Figura A3. Espectro de masas del ácido 9-octadecanoico metil ester (18:1n-7). El espectro superior pertenece al de la muestra problema y el inferior al de la biblioteca NB575K del CG-DSM.

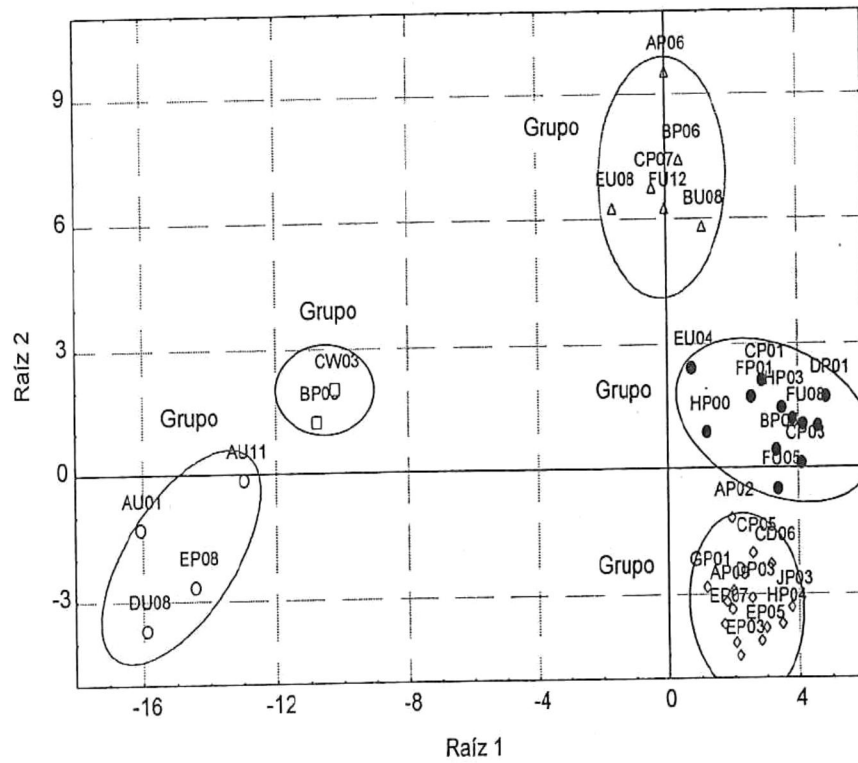


Figura A4. Gráfica de las 42 estaciones que representan los valores de las dos primeras funciones canónicas discriminantes. Se muestra la separación de los 5 grupos de estaciones.

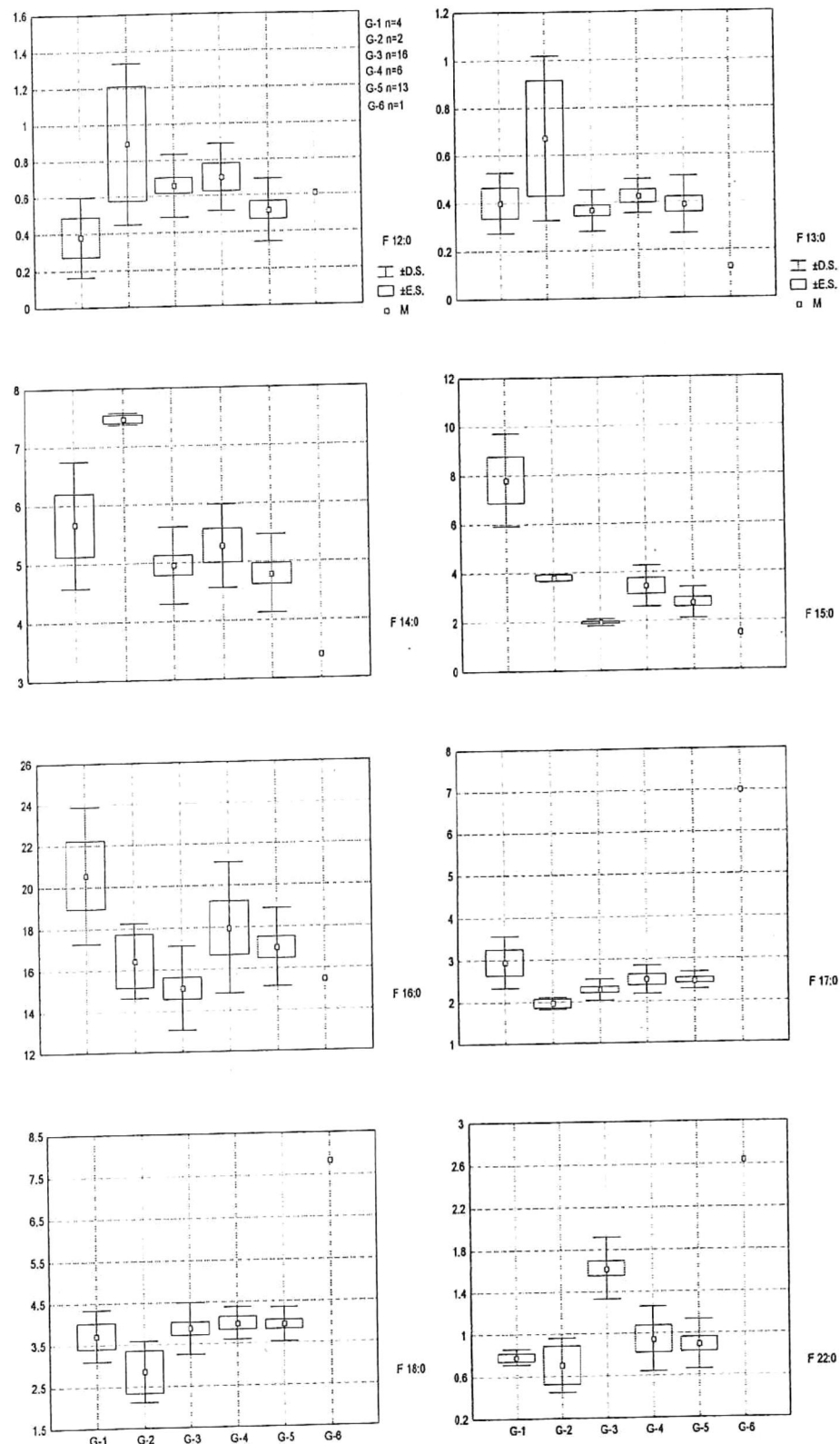


Figura A5. Gráficas de cajas y bigotes para los ácidos grasos 12:0, 13:0, 14:0, 15:0, 16:0, 17:0 18:0 y 22:0. G-No., grupo número; n, número de estaciones por grupo; F, nombre del ácido graso; \pm D.S., desviación estandar; \pm E.S., error estandar; y M, media. El eje Y está en porcentajes.

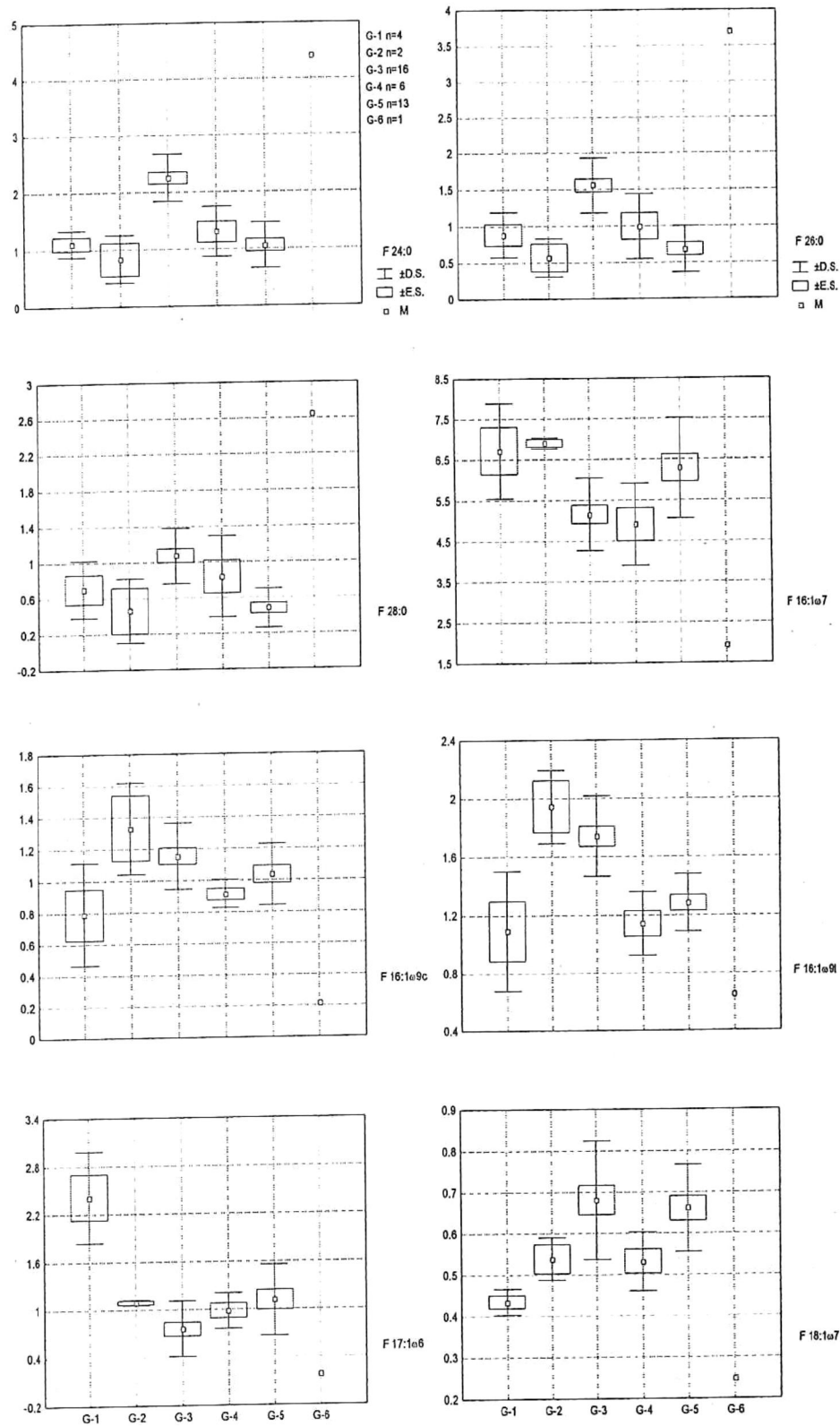


Figura A6. Gráficas de cajas y bigotes para los ácidos grasos 24:0, 26:0, 28:0, 16:1 ω 7, 16:1 ω 9c, 16:1 ω 9t, 17:1 ω 6 y 18:1 ω 7. G-No., grupo número; n, número de estaciones por grupo; F, nombre del ácido graso; \pm D.S., desviación estandar; \pm E.S., error estandar; y M, media. El eje Y está en porcentajes.

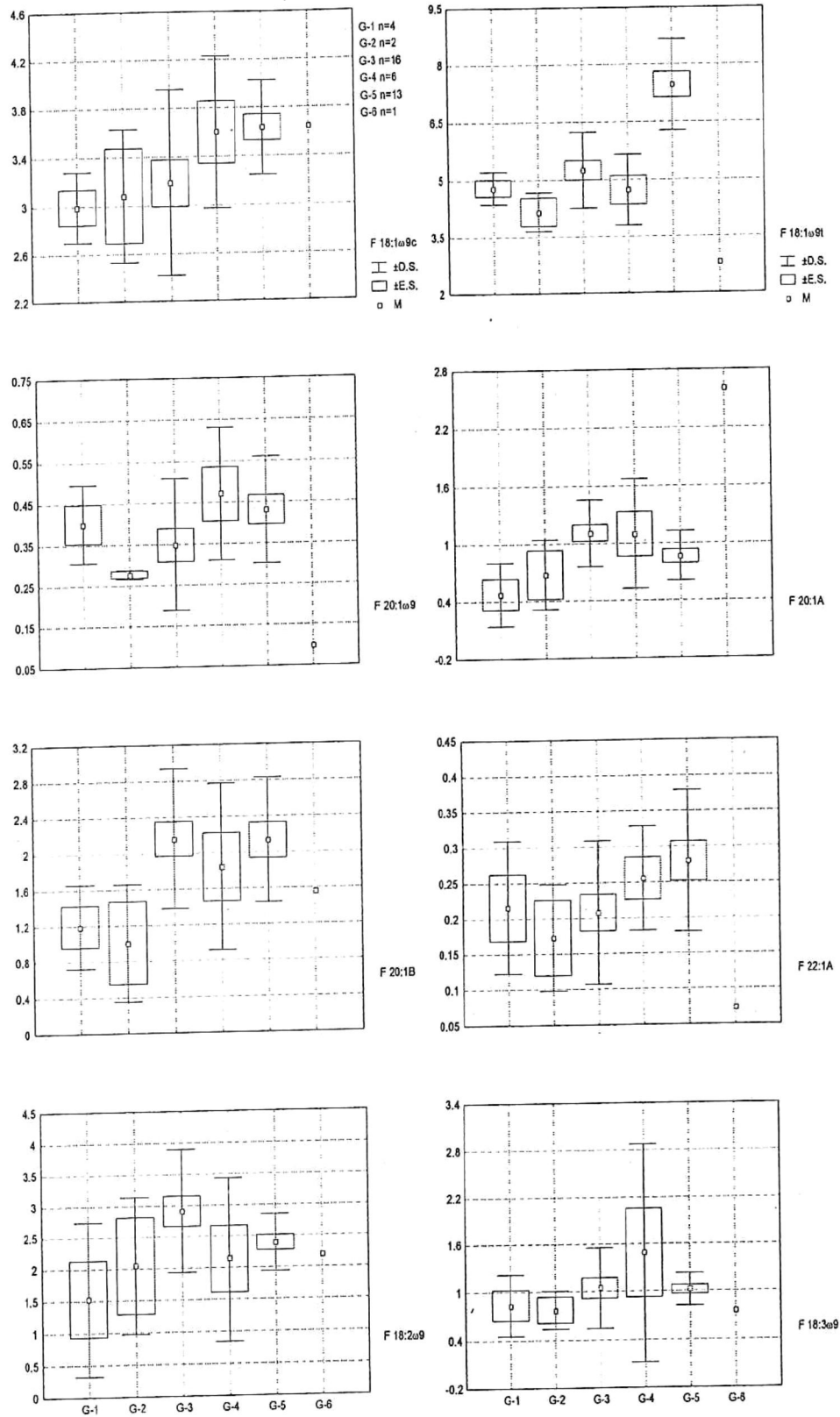


Figura A7. Gráficas de cajas y bigotes para los ácidos grasos 18:1 ω 9c, 18:1 ω 9t, 20:1 ω 9, 20:1A, 20:1B, 22:1A, 18:2 ω 9 y 18:3 ω 9. (G-No., grupo número; n, número de estaciones por grupo; F, nombre del ácido graso; \pm D.S., desviación estandar; \pm E.S., error estandar; y M, media. El eje Y está en porcentajes.

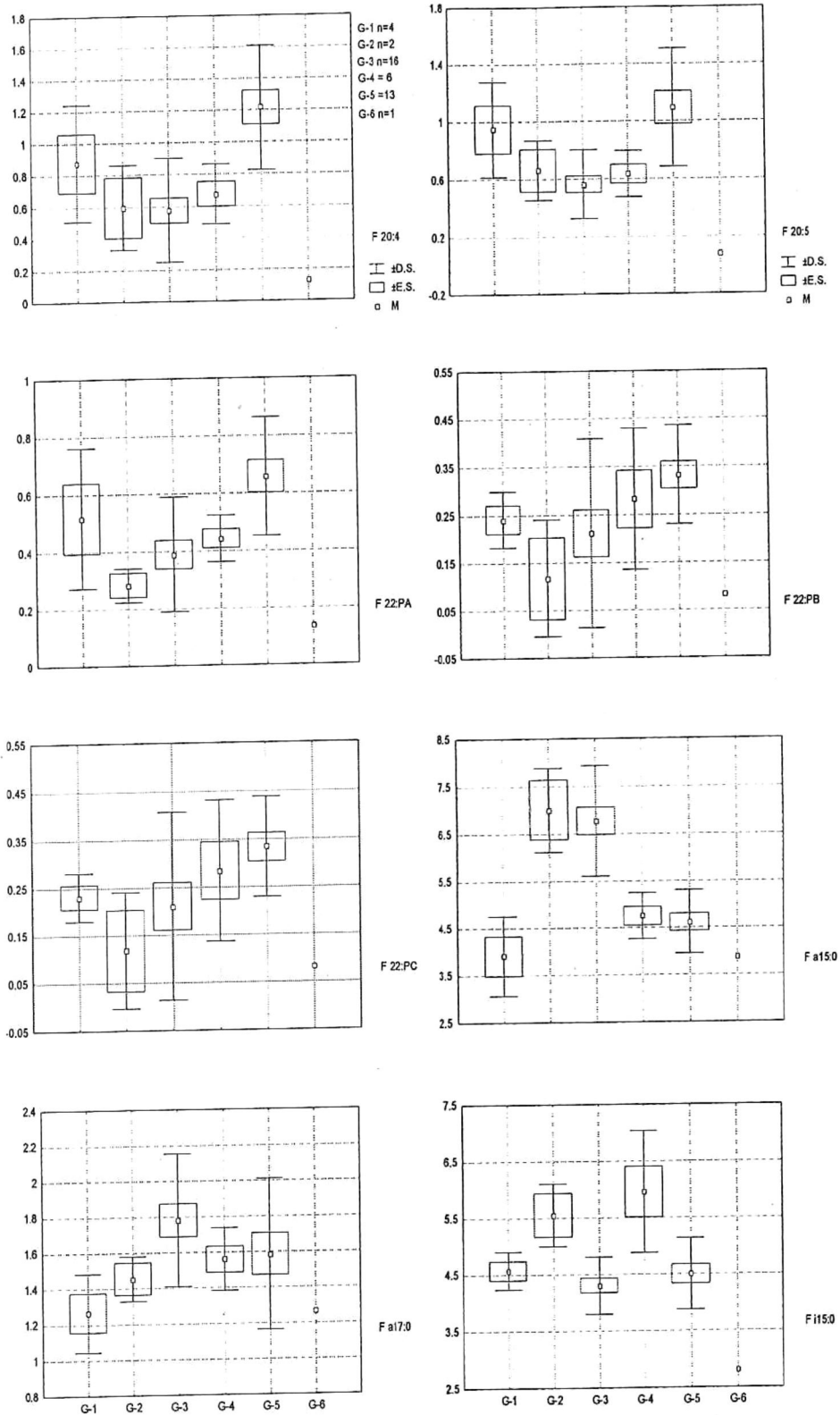


Figura A8. Gráficas de cajas y bigotes para los ácidos grasos 20:4, 20:5, 22:PA, 22:PB, 22:PC, a15:0, a17:0 e i15:0. G-No., grupo número; n, número de estaciones por grupo; F, nombre del ácido graso; \pm D.S., desviación estandar; \pm E.S., error estandar; y M, media. El eje Y está en porcentajes.

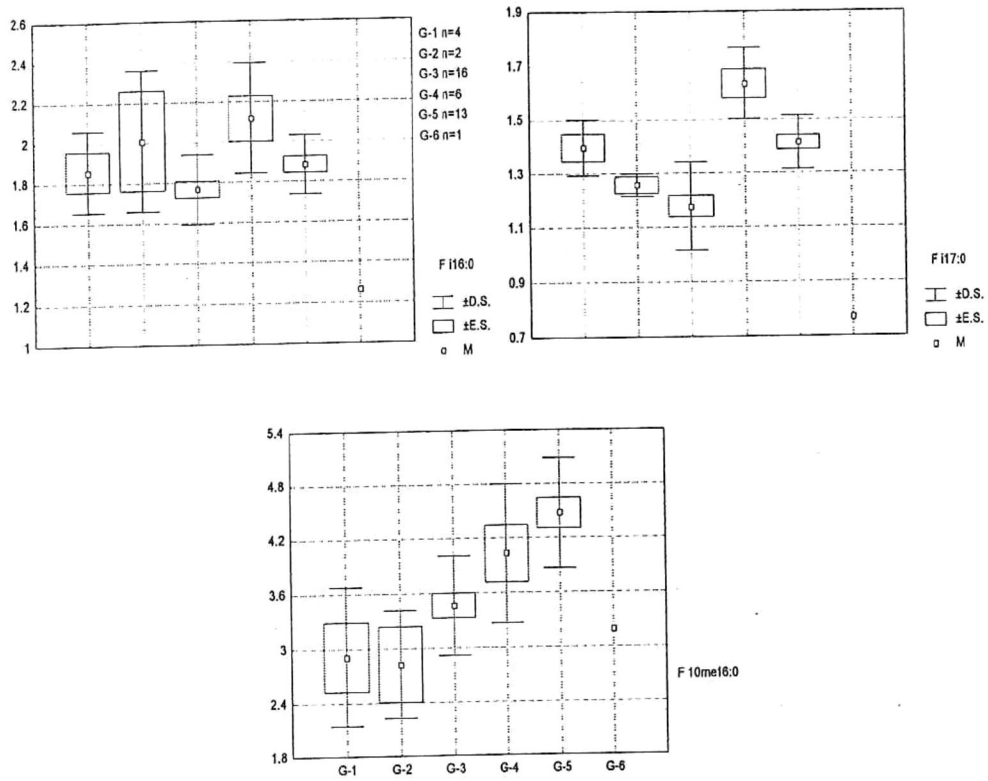


Figura A9. Gráficas de cajas y bigotes para los ácidos grasos, i16:0, i17:0 y 10me16:0. G-No., grupo número; n, número de estaciones por grupo; F, nombre del ácido graso; \pm D.S., desviación estandar; \pm E.S., error estandar; y M, media. El eje Y está en porcentajes.

APENDICE 2: TABLAS

TABLA A1. Porcentajes de ácidos grasos para las estaciones de muestreo. FNI, ácido no identificado por su nombre.

FAMES	AU01	AU11	BU08	DU08	EU04	EU08	FU05	FU08	FU12	AP02	AP06	AP09	BP02	BP03	BP05	BP06	CD06	CW0	CP01	CP03	CP05
*12:0	0.55	0.45	0.92	0.06	0.58	0.76	0.59	0.66	0.85	0.84	0.50	1.00	0.52	1.21	0.55	0.46	0.60	0.58	0.29	0.67	0.59
FNI	0.31	0.24	0.63	0.25	0.25	0.43	0.28	0.59	0.42	0.38	0.40	0.52	0.30	0.98	0.30	0.32	0.36	0.48	0.21	0.34	0.39
FNI	0.18	0.16	0.49	0.13	0.18	0.21	0.19	0.27	0.25	0.24	0.27	0.45	0.16	0.76	0.20	0.17	0.42	0.31	0.12	0.18	0.36
*13:0	0.42	0.30	0.51	0.31	0.47	0.46	0.39	0.71	0.47	0.33	0.34	0.45	0.35	0.92	0.37	0.34	0.35	0.43	0.30	0.38	0.32
FNI	0.95	0.85	1.24	0.87	0.82	1.21	0.96	1.07	1.33	1.18	1.04	1.40	0.95	2.15	1.01	1.00	1.25	1.44	0.86	1.13	1.23
FNI	0.25	0.30	0.73	0.22	0.50	0.64	4.68	0.76	0.37	0.52	0.44	0.45	0.97	1.58	0.56	0.51	0.32	0.11	0.48	0.29	0.58
*14:1ω9c	0.19	0.32	0.69	0.19	0.29	0.28	0.38	0.68	0.29	0.40	0.39	0.50	0.29	1.24	0.23	0.28	0.54	0.38	0.28	0.41	0.51
*14:0	6.81	4.41	4.34	5.15	5.73	5.54	4.68	4.22	6.35	5.01	4.71	5.67	4.45	7.40	5.17	5.13	5.62	7.55	4.79	5.04	4.95
FNI	0.09	0.13	0.45	0.12	0.11	0.07	0.16	0.21	0.12	0.16	0.19	0.22	0.06	0.49	0.19	0.11	0.19	0.16	0.18	0.17	0.21
FNI	0.07	0.07	0.29	0.07	0.09	0.06	0.07	0.25	0.10	0.10	0.16	0.07	0.14	0.30	0.13	0.10	0.18	0.16	0.14	0.10	0.26
FNI	0.74	0.59	1.13	0.53	0.52	0.58	0.56	0.82	0.62	0.74	0.73	1.08	0.58	1.26	0.61	0.55	1.06	0.97	0.84	0.78	0.92
i15:0	4.45	5.03	5.73	4.56	3.46	6.68	4.21	3.89	6.89	5.11	3.96	4.40	4.10	5.95	4.93	5.94	3.81	5.16	4.43	4.99	4.24
*a15:0	2.98	3.94	4.50	3.71	3.84	5.00	4.42	3.98	5.23	6.54	4.39	7.85	4.77	7.63	3.99	4.11	7.29	6.38	3.80	5.21	8.08
FNI	0.28	0.60	0.79	0.34	0.23	0.17	0.16	0.42	0.22	0.12	0.25	0.55	0.18	0.81	0.24	0.18	0.28	0.44	0.14	0.15	0.24
*15:0	7.53	10.59	3.13	6.57	0.10	4.16	2.85	2.39	3.85	2.09	2.07	2.09	2.71	3.69	3.50	4.29	1.89	3.90	2.54	2.39	2.03
FNI	0.13	0.16	0.50	0.18	0.20	0.13	0.10	0.40	0.22	0.21	0.24	0.26	0.17	0.47	0.22	0.13	0.26	0.26	0.23	0.21	0.29
FNI	0.17	0.26	0.63	0.20	0.22	0.27	0.23	0.59	0.32	0.33	0.44	0.61	0.31	0.78	0.28	0.20	0.54	0.40	0.26	0.40	0.59
FNI	0.15	0.24	0.52	0.21	0.41	0.21	0.25	0.48	0.26	0.32	0.39	0.58	0.29	0.61	0.29	0.21	0.87	0.37	0.22	0.30	0.89
*16:0	1.67	2.12	2.40	1.91	1.77	2.28	1.67	2.00	2.26	2.03	1.66	1.78	1.77	2.26	1.91	1.93	1.52	1.76	1.84	2.00	1.75
16:1ω11	0.51	0.67	1.20	0.74	0.61	1.20	1.20	1.11	0.84	0.54	1.21	0.97	1.51	1.58	0.88	0.46	1.01	1.20	0.87	1.03	1.13
**16:1ω7	7.32	5.41	3.35	6.12	8.96	5.17	5.72	6.31	6.40	3.78	4.99	4.47	6.08	7.00	6.92	5.10	8.47	6.81	4.80	4.71	5.95
*16:1ω9c	0.43	0.96	1.01	0.62	1.04	0.89	0.98	1.24	0.84	1.06	1.01	1.02	1.13	1.53	0.65	0.80	1.25	1.12	0.83	1.06	1.14
*16:1ω9t	0.81	0.96	1.09	0.89	0.91	1.11	1.17	1.31	1.11	1.20	1.54	1.56	1.44	2.12	1.18	0.86	2.01	1.77	1.01	1.41	1.92
*16:0	24.98	19.23	13.31	20.89	18.94	19.95	16.56	15.01	19.81	16.03	15.52	15.59	15.62	15.17	17.95	21.73	15.86	17.70	17.81	16.65	14.76
i17:1ω7	0.29	0.34	0.61	0.33	0.35	0.40	0.36	0.59	0.44	0.37	0.50	0.51	0.43	0.70	0.40	0.29	0.58	0.52	0.31	0.44	0.59
**10m16:0	2.05	3.49	3.64	3.62	4.32	5.07	4.76	4.30	4.26	4.50	2.83	3.34	3.55	3.25	3.92	3.92	2.62	2.40	4.43	3.73	3.40
i17:0	1.39	1.51	1.77	1.42	1.37	1.72	1.24	1.54	1.56	1.50	1.41	1.17	1.27	1.23	1.50	1.67	0.97	1.29	1.50	1.57	1.06
*a17:0	0.99	1.53	1.78	1.29	1.38	1.64	1.55	1.52	1.55	2.52	1.41	1.71	1.52	1.54	1.39	1.30	1.52	1.36	1.45	1.63	2.34
17:1ω6	3.00	2.70	1.09	1.68	1.92	1.22	0.91	0.95	0.96	1.16	0.88	0.52	1.59	1.11	1.42	1.13	0.53	1.06	0.90	0.45	0.98
FNI	0.84	1.20	1.31	0.94	0.90	0.88	0.91	1.36	0.89	0.83	1.17	1.15	1.09	1.32	0.93	0.73	1.19	1.19	0.88	1.08	1.25
17:0	3.39	3.36	2.70	3.02	2.66	2.87	2.61	2.55	2.14	2.64	2.16	2.32	2.27	2.07	2.50	2.85	1.97	1.86	2.47	2.69	1.98
FNI	0.20	0.17	0.51	0.16	0.20	0.14	0.14	0.37	0.11	0.10	0.31	0.13	0.16	0.15	0.22	0.22	0.19	0.27	0.17	0.16	0.27
FNI	0.23	0.34	0.76	0.34	0.30	0.31	0.29	0.57	0.38	0.37	0.41	0.41	0.33	0.49	0.40	0.34	0.36	0.32	0.27	0.35	0.42
FNI	0.19	0.17	0.51	0.35	0.31	0.25	0.44	0.45	0.41	0.69	1.04	0.91	0.39	0.41	0.36	0.56	0.62	0.58	0.50	0.65	0.78
*18:2ω9	0.61	0.37	1.74	2.65	3.04	0.77	2.48	1.97	1.96	3.91	1.04	4.29	2.00	1.29	2.31	4.17	3.30	2.82	2.95	2.85	3.95
*18:3ω9	0.71	1.31	1.03	0.92	1.19	1.16	0.97	0.91	0.75	1.07	4.29	2.45	0.99	0.60	0.89	0.72	0.60	0.94	0.73	0.72	0.83
**18:1ω9c	2.81	2.69	2.84	3.15	3.28	3.59	3.63	3.70	3.80	2.22	4.70	2.10	3.83	2.69	3.65	3.30	3.70	3.47	4.23	4.16	2.14
18:1ω9t	4.45	4.43	3.23	5.00	8.49	6.12	7.16	7.26	4.80	5.12	4.98	3.79	6.48	3.79	5.70	4.63	5.01	4.52	7.29	6.19	4.19
**18:1ω7	0.39	0.47	0.64	0.42	0.58	0.51	0.62	0.83	0.48	0.55	0.61	0.54	0.69	0.58	0.52	0.47	0.70	0.50	0.57	0.85	0.52
18:1ω12	0.20	0.26	0.25	0.23	0.29	0.14	0.28	0.50	0.29	0.30	0.44	0.35	0.33	0.38	0.31	0.24	0.49	0.32	0.26	0.40	0.38
*18:0	4.26	4.06	3.46	3.70	4.21	4.52	4.08	3.73	3.68	3.97	3.96	3.74	3.55	2.33	3.62	4.29	4.29	3.37	4.11	4.47	3.02
20:4	0.45	0.69	0.89	1.14	1.21	0.80	0.96	1.55	0.84	0.22	0.58	0.30	1.52	0.78	1.37	0.48	0.37	0.41	0.98	0.64	0.33
20:5	0.61	0.72	0.71	1.20	1.47	0.67	0.91	1.62	0.85	0.32	0.68	0.42	1.39	0.81	1.58	0.42	0.37	0.52	0.48	0.65	0.51
FNI	0.61	0.14	0.71	0.30	0.45	0.11	0.28	0.49	0.27	0.34	0.68	0.26	0.33	0.13	0.33	0.36	0.33	0.52	0.36	0.36	0.34
FNI	0.22	0.21	0.41	0.36	0.37	0.16	0.29	0.44	0.26	0.30	0.53	0.25	0.33	0.14	0.36	0.41	0.26	0.24	0.40	0.33	0.31
20:1A	0.23	0.16	0.87	0.85	0.73	0.31	0.94	0.92	0.76	1.63	1.92	1.57	0.84	0.42	0.71	1.49	0.90	0.94	1.20	1.34	1.18
20:1B	1.14	0.58	1.21	1.69	2.03	0.78	2.34	1.65	1.05	3.64	2.87	2.46	1.68	0.54	1.30	2.70	1.81	1.47	2.96	2.83	1.97
*20:1ω11t	1.80	0.82	0.59	0.89	0.90	0.86	0.59	0.56	0.43	0.64	1.03	0.43	0.91	0.34	1.79	0.53	0.68	0.90	0.61	0.65	0.50
20:1ω9c	0.54	0.34	0.40	0.40	0.66	0.38	0.43	0.56	0.30	0.20	0.52	0.15	0.59	0.27	0.42	0.46	0.32	0.28	0.41	0.27	0.53
*20:0	1.05	1.27	1.78	1.13	0.84	1.06	1.15	1.16	0.89	1.40	1.35	1.41	1.30	0.71	1.08	1.00	1.42	0.94	1.17	1.48	1.45
*21:0	0.52	0.44	0.89	1.35	1.17	0.50	1.15	1.41	0.80	1.08	1.33	0.86	1.49	0.58	1.01	0.69	0.71	0.80	3.13	0.85	0.81
**22:PA	0.13	0.14	0.36	0.31	0.26	0.15	0.27	0.45	0.21	0.17	0.32	0.21	0.36	0.23	0.34	0.25	0.16	0.12	0.29	0.22	0.25
**22:PB	0.34	0.27	0.53	0.69	0.53	0.36	0.59	0.97	0.45	0.26	0.55	0.21	0.86	0.24	0.73	0.38	0.29	0.33	0.54	0.49	0.19
22:PC	0.18	0.21	0.54	0.30	0.38	0.19	0.27	0.49	0.22	0.12	0.35	0.10	0.43	0.03	0.31	0.28	0.14	0.20	0.30	0.27	0.03
FNI	0.18	0.16	0.33	0.31	0.37	0.16	0.30	0.52	0.17	0.24	0.37	0.18	0.50	0.29	0.43	0.26	0.60	0.19	0.30	0.30	0.09
FNI	0.16	0.01	0.18	0.07	0.20	0.05	0.18	0.19	0.17	0.14	0.38	0.08	0.30	0.12	0.58	0.17	0.16	0.16	0.26	0.20	0.01
FNI	0.08	0.05	0.26	0.14	0.27	0.11	0.17	0.25	0.07	0.16	0.29	0.28	0.22	0.04	0.58	0.30	0.15	0.29	0.18	0.23	0.12
*22:1ω13c	0.14	0.15	0.25	0.20	0.28	0.26	0.10	0.20	0.12	0.09	0.18	0.07	0.17	0.07	1.20	0.08	0.14	0.11	0.19	0.16	0.15
22:1A	0.09	0.14	0.18	0.13	0.16	0.05	0.16	0.26	0.08	0.15	0.26	0.12	0.20	0.13	0.13	0.15	0.18	0.14	0.17	0.07	0.26
FNI	0.09	0.10	0.32	0.18	0.11	0															

Continuación Tabla A1. * ácidos grasos identificados con estandares puros. ** Identificados en el Inst. de Ocean. de Skidaway.

FAMES	CP07	DP01	DP03	DP05	DP08	EP01	EP03	EP05	EP07	EP08	FP01	FP04	FP06	FP08	GP01	GP04	HP00	HP03	HP04	JP03	KP01
12:0	0.73	0.49	0.77	0.69	0.76	0.37	0.69	0.59	0.64	0.45	0.72	0.73	0.83	0.52	0.58	0.62	0.30	0.23	0.20	0.62	0.61
FNI	0.40	0.33	0.42	0.70	0.38	0.24	0.53	0.39	0.35	0.27	0.29	0.32	0.35	0.39	0.26	0.35	0.18	0.27	0.21	0.28	0.12
FNI	0.21	0.15	0.25	0.82	0.23	0.13	0.34	0.36	0.26	0.16	0.17	0.22	0.31	0.33	0.19	0.25	0.13	0.14	0.16	0.19	0.20
13:0	0.43	0.33	0.36	0.62	0.33	0.37	0.44	0.32	0.38	0.57	0.47	0.34	0.32	0.29	0.38	0.32	0.38	0.19	0.24	0.39	0.13
FNI	1.20	1.03	1.28	1.24	1.09	0.83	1.29	1.24	1.28	1.13	1.22	1.23	1.14	1.35	1.13	1.20	1.06	0.85	0.84	1.27	0.61
FNI	0.24	0.97	1.11	1.44	0.77	0.75	0.75	0.58	0.33	0.23	0.29	0.35	0.37	0.34	0.35	0.90	0.20	0.82	0.62	0.25	1.20
14:1ω9c	0.31	0.31	0.53	1.11	0.32	0.31	0.34	0.51	0.40	0.28	0.43	0.51	0.56	0.37	0.46	0.55	0.28	0.37	0.32	0.38	1.86
14:0	5.59	4.66	4.61	3.15	4.45	4.05	4.97	4.96	4.72	6.29	5.85	5.31	5.73	5.44	4.98	5.08	5.70	3.54	3.94	5.12	3.41
FNI	0.13	0.12	0.28	0.67	0.15	0.13	0.27	0.21	0.07	0.09	0.19	0.09	0.16	0.26	0.23	0.14	0.15	0.17	0.13	0.14	0.42
FNI	0.06	0.12	0.24	0.36	0.15	0.05	0.17	0.26	0.06	0.10	0.07	0.07	0.19	0.12	0.04	0.17	0.07	0.09	0.14	0.12	0.08
FNI	0.65	0.53	0.85	1.42	0.67	0.47	1.00	0.93	0.80	0.47	0.69	0.90	1.12	0.88	0.82	0.78	0.74	0.31	0.76	0.74	0.19
i15:0	6.56	4.69	4.69	3.22	5.89	4.23	4.55	4.25	4.58	4.24	5.06	4.69	3.70	4.47	4.36	4.83	4.25	4.37	3.51	4.42	2.81
a15:0	5.30	5.08	5.84	4.64	5.63	4.10	5.05	8.10	8.01	5.02	5.70	7.26	7.11	5.76	5.68	8.26	4.88	4.66	5.55	6.31	3.87
FNI	0.14	0.22	0.21	0.65	0.22	0.16	0.23	0.24	0.20	0.60	0.14	0.16	0.16	0.24	0.13	0.16	0.19	0.12	0.15	0.14	0.08
15:0	3.08	3.03	1.77	1.91	2.23	2.72	1.78	2.03	2.07	6.56	2.90	2.06	1.97	2.07	2.05	2.02	2.63	1.47	1.57	2.02	1.51
FNI	0.19	0.17	0.30	0.77	0.23	0.16	0.32	0.30	0.07	0.10	0.21	0.19	0.20	0.36	0.25	0.16	0.21	0.07	0.15	0.16	0.11
FNI	0.29	0.29	0.49	0.15	0.37	0.25	0.50	0.60	0.54	0.43	0.32	0.47	0.53	0.40	0.39	0.45	0.35	0.30	0.46	0.35	0.29
FNI	0.26	0.30	0.36	0.90	0.33	0.24	0.56	0.90	0.42	0.43	0.28	0.38	0.70	0.28	0.30	0.43	0.29	0.23	0.33	0.29	0.31
i16:0	2.17	1.89	1.89	2.16	2.19	1.87	1.82	1.75	1.83	1.73	2.00	1.70	1.52	1.71	1.78	1.80	1.91	1.65	1.50	1.69	1.26
16:1ω11	0.79	1.42	1.65	2.33	1.56	1.15	1.12	1.14	1.26	1.09	0.88	1.16	0.95	0.90	0.72	2.75	0.71	2.97	2.06	0.78	1.24
16:1ω7	4.40	6.79	4.95	3.73	5.71	6.52	4.05	5.97	5.86	8.02	6.01	4.87	4.42	6.24	5.18	5.69	8.47	4.80	4.98	5.86	1.92
16:1ω9c	0.94	1.24	1.13	1.37	1.27	1.10	0.92	1.14	1.22	1.15	1.07	1.06	1.77	1.11	1.06	1.23	1.12	0.73	0.83	1.15	0.21
16:1ω9t	1.14	1.39	1.75	1.91	1.63	1.17	1.52	1.92	2.18	1.70	1.31	1.87	1.70	1.75	1.29	2.11	1.37	1.39	1.69	1.52	0.65
16:0	17.51	16.25	13.06	8.66	15.08	18.20	15.35	14.79	15.30	17.23	19.65	16.63	17.47	15.79	16.62	16.19	19.89	13.49	13.68	15.82	15.48
i17:1ω7	0.37	0.41	0.57	0.98	0.50	0.38	0.50	0.59	0.61	0.50	0.38	0.52	0.39	0.45	0.40	0.55	0.41	0.44	0.45	0.41	0.33
10me16:0	4.46	5.11	3.59	3.39	5.41	5.16	3.44	3.41	3.46	2.49	4.56	3.36	3.07	2.95	4.66	3.20	4.94	3.88	2.90	4.06	3.20
i17:0	1.68	1.32	1.21	1.36	1.47	1.44	1.53	1.06	1.18	1.26	1.36	1.14	1.06	1.06	1.23	1.05	1.33	1.45	1.11	1.12	0.77
a17:0	1.68	1.49	1.58	1.49	2.97	1.47	2.28	2.35	1.92	1.26	1.43	1.48	1.57	1.54	1.60	1.66	1.45	1.38	1.48	1.45	1.26
17:1ω6	0.60	1.61	1.30	1.55	0.96	1.39	0.77	0.76	0.67	2.26	0.50	0.50	0.33	0.63	0.38	0.87	0.62	1.23	0.81	0.40	0.18
FNI	0.79	1.02	1.19	2.05	0.97	0.95	1.19	1.25	1.43	1.10	0.91	1.12	0.92	0.82	0.96	1.16	1.10	1.08	1.12	0.91	0.78
17:0	2.36	2.37	2.19	2.35	2.10	2.80	2.24	1.98	2.44	2.06	2.62	2.45	2.75	1.89	2.50	2.27	2.32	2.36	2.45	2.13	7.01
FNI	0.14	0.15	0.22	0.88	0.18	0.18	0.13	0.27	0.12	0.10	0.09	0.08	0.20	0.19	0.15	0.14	0.16	0.17	0.45	0.12	0.18
FNI	0.44	0.31	0.45	1.05	0.50	0.30	0.46	0.42	0.43	0.27	0.28	0.35	0.35	0.29	0.35	0.29	0.34	0.30	0.31	0.30	0.22
FNI	0.55	0.32	0.37	0.76	0.40	0.32	1.05	0.78	0.61	0.40	0.37	0.59	0.45	0.39	0.42	0.55	0.31	0.72	0.59	0.40	1.20
18:2ω9	3.13	1.86	1.50	1.51	1.98	1.83	4.24	3.96	2.85	2.49	2.07	2.09	1.53	2.90	3.25	2.08	2.85	2.87	2.57	2.63	2.18
18:3ω9	1.02	1.17	0.96	0.53	1.46	1.20	2.06	0.83	0.77	0.40	1.15	0.75	1.09	0.83	1.19	0.85	0.93	0.96	0.86	1.06	0.75
18:1ω9c	3.37	3.45	3.53	3.52	3.78	3.92	2.50	2.15	4.47	3.32	2.96	4.13	3.06	3.58	3.11	3.97	3.11	3.52	3.72	3.09	3.64
18:1ω9t	4.57	7.82	5.57	3.87	6.61	9.51	5.18	4.20	5.99	5.28	6.73	4.77	4.84	6.52	7.01	5.10	9.67	8.10	5.96	6.71	2.82
18:1ω7	0.48	0.65	0.63	1.04	0.61	0.70	0.69	0.52	0.72	0.45	0.58	0.76	0.85	0.56	0.63	0.81	0.60	0.79	0.78	0.59	0.25
18:1ω12	0.25	0.31	0.39	0.77	0.32	0.40	0.49	0.39	0.35	0.24	0.27	0.30	0.44	0.30	0.29	0.31	0.37	0.40	0.35	0.29	0.14
18:0	4.00	3.24	3.57	3.01	3.27	4.17	4.09	3.03	3.97	2.86	4.24	4.65	5.01	3.83	3.59	3.74	4.28	4.29	4.90	3.53	7.83
20:4	0.46	1.53	1.07	1.30	0.96	1.59	0.37	0.33	0.73	1.22	1.04	0.53	0.32	0.64	0.42	0.63	0.57	1.87	1.12	0.55	0.13
20:5	0.48	1.46	0.84	1.19	1.11	1.42	0.19	0.51	0.62	1.26	0.63	0.50	0.76	0.68	0.40	0.46	0.57	0.95	0.73	0.54	0.08
FNI	0.35	0.29	0.41	0.84	0.40	0.28	0.36	0.34	0.13	0.26	0.26	0.12	0.26	0.27	0.32	0.11	0.57	0.35	0.28	0.38	0.25
FNI	0.29	0.31	0.33	0.75	0.37	0.29	0.36	0.32	0.22	0.29	0.23	0.23	0.20	0.23	0.23	0.23	0.20	0.57	0.28	0.25	0.30
20:1A	1.24	0.72	0.71	1.07	0.82	0.67	1.92	1.18	1.23	0.65	0.62	1.12	0.61	0.84	0.99	0.86	0.49	1.22	1.01	0.90	2.61
20:1B	2.43	1.69	1.31	1.19	1.79	1.77	3.49	1.97	2.37	1.35	1.88	1.68	1.13	2.12	3.24	1.42	1.99	3.80	2.28	2.47	1.56
20:1ω11t	0.47	0.50	0.76	0.94	0.67	0.80	0.79	0.50	0.55	0.49	0.69	0.49	0.55	0.65	0.47	0.41	0.45	0.97	0.96	0.48	1.27
20:1ω9c	0.76	0.28	0.33	0.64	0.35	0.43	0.30	0.53	0.27	0.33	0.29	0.22	0.64	0.28	0.25	0.20	0.30	0.60	0.48	0.22	0.10
20:0	1.26	0.96	1.51	1.83	1.14	1.00	1.48	1.46	1.51	0.84	1.02	1.62	1.81	1.23	1.57	1.25	0.93	1.33	2.10	1.56	2.05
21:0	0.78	1.17	1.23	1.74	0.95	0.96	0.94	0.82	0.88	0.55	0.56	1.08	0.95	1.14	0.99	0.76	0.53	1.46	2.03	1.30	0.77
22:PA	0.24	0.28	0.30	0.53	0.14	0.29	0.19	0.25	0.18	0.28	0.19	0.16	0.12	0.17	0.07	0.16	0.12	0.43	0.23	0.18	0.07
22:PB	0.39	0.74	0.66	0.94	0.58	0.86	0.30	0.19	0.38	0.76	0.45	0.32	0.45	0.49	0.29	0.27	0.30	0.91	0.58	0.39	0.14
22:PC	0.12	0.34	0.40	0.79	0.29	0.35	0.23	0.03	0.23	0.28	0.20	0.04	0.14	0.24	0.20	0.03	0.17	0.53	0.44	0.20	0.08
FNI	0.28	0.39	0.39	0.74	0.31	0.37	0.18	0.09	0.18	0.36	0.21	0.16	0.22	0.18	0.24	0.03	0.14	0.43	0.26	0.28	0.08
FNI	0.12	0.16	0.31	0.73	0.19	0.09	0.21	0.01	0.07	0.16	0.04	0.09	0.15	0.23	0.24	0.14	0.12	0.41	0.16	0.29	0.42
FNI	0.30	0.11	0.42	0.50	0.15	0.12	0.18	0.12	0.26	0.13	0.07	0.03	0.05	0.10	0.06	0.12	0.07	0.22	0.21	0.10	0.15
22:1ω13c	0.13	0.10	0.37	0.33	0.13	0.11	0.37	0.15	0.10	0.12	0.08	0.10	0.15	0.15	0.10	0.05	0.07	0.17	0.28	0.11	0.46
22:1A	0.16	0.12	0.23	0.31	0.15	0.12	0.17	0.26	0.15	0.16	0.11	0.10	0.17	0.11	0.15	0.08	0.09	0.21	0.18	0.14	0.19
FNI	0.18	0.77	0.28	0.43	0.16																

Tabla A2. Distancias de Mahalanobis para los 6 grupos de ácidos grasos aplicando el AD.

<i>Grupos</i>	<i>G-1</i>	<i>G-2</i>	<i>G-3</i>	<i>G-4</i>	<i>G-5</i>	<i>G-6</i>
G-1	0.0	1128	2447	565	667	730
G-2	1128	0.0	3790	427	663	899
G-3	2447	3790	0.0	2107	1806	1353
G-4	565	427	2107	0.0	191	229
G-5	667	663	1806	191	0.0	84
G-6	730	899	1353	229	84	0.0

Tabla A3. Valores de la Prueba F con 21, 9 grados de libertad para los 6 grupos de ácidos grasos en el AD.

<i>Grupos</i>	<i>G-1</i>	<i>G-2</i>	<i>G-3</i>	<i>G-4</i>	<i>G-5</i>	<i>G-6</i>
G-1		31.3	43.4	10.0	23.6	20.2
G-2	31.3		80.0	9.0	34.6	33.2
G-3	43.4	80.0		31.1	45.7	28.6
G-4	10.0	9.0	31.1		4.8	4.8
G-5	23.6	34.6	45.7	4.8		4.4
G-6	20.2	33.2	28.6	4.8	4.4	

Tabla A4. Niveles de significancia para la Prueba F en el AD para los seis grupos de ácidos grasos.

<i>Grupos</i>	<i>G-1</i>	<i>G-2</i>	<i>G-3</i>	<i>G-4</i>	<i>G-5</i>	<i>G-6</i>
G-1		.000	.000	.000	.000	.000
G-2	.000		.000	.001	.000	.000
G-3	.000	.000		.000	.000	.000
G-4	.000	.001	.000		.009	.009
G-5	.000	.000	.000	.009		.014
G-6	.000	.000	.000	.009	.014	

Tabla A5. Valores de los eigenvalores para los 6 grupos de ácidos grasos, prueba de Lambda de Wilks y Chi-cuadrada. Grados de libertad y el nivel de significancia para los eigenvalores.

<i>No.</i>	<i>Eigenvalores</i>	<i>Lambda de Wilks</i>	<i>Chi-cuadrada</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Nivel de significancia</i>
1	225	.000	346	105	.000
2	64	.000	235	80	.000
3	32	.000	149	57	.000
4	7	.023	77	36	.000
5	4	.191	34	17	.008

Tabla A6. Registros canónicos no estandarizados en el AD para las 6 grupos de ácidos grasos.

<i>FAMEs</i>	<i>Grupos</i>	<i>Raíz 1</i>	<i>Raíz 2</i>	<i>Raíz 3</i>	<i>Raíz 4</i>	<i>Raíz 5</i>
12:0	G-6	-4.78	4.19	2.72	-1.22	-1.36
13:0	G-5	1.42	1.74	4.73	-.64	.27
14:0	G-6	-5.34	2.50	2.60	-3.29	-4.36
15:0	G-5	.45	3.27	5.42	1.20	.56
16:0	G-5	-.11	2.92	5.01	1.77	1.67
17:0	G-2	19.29	3.42	-7.95	1.60	-1.08
18:0	G-2	20.23	3.26	-7.17	1.67	-1.19
22:0	G-2	19.84	5.71	-4.78	-.67	-.09
24:0	G-2	19.90	4.78	-7.87	3.40	-2.19
26:0	G-2	19.76	2.43	-8.76	1.64	-.79
28:0	G-2	19.96	3.29	-6.83	1.15	1.05
16:1 ω 7	G-5	-.13	2.64	4.96	1.64	1.39
16:1 ω 9c	G-6	-6.34	3.67	1.57	-3.43	-2.85
16:1 ω 9t	G-6	-5.31	.38	3.58	-2.22	-2.25
17:1 ω 6	G-5	-.92	2.81	5.27	1.57	1.78
18:1 ω 7	G-5	-1.90	2.78	3.47	-.89	.49
18:1 ω 9c	G-3	-36.80	1.68	-9.45	1.82	.65
18:1 ω 9t	G-3	-36.17	2.23	-9.49	2.20	.17
20:1A	G-1	2.98	-17.96	.10	.54	-.64
20:1B	G-1	2.12	-21.06	.07	.81	-.05
20:1 ω 9c	G-5	1.20	3.07	5.40	2.02	.75
22:1A	G-5	-2.42	3.11	5.89	3.09	-.96
18:2 ω 9	G-1	1.89	-20.63	.22	.77	-.45
18:3 ω 9	G-1	1.89	-20.54	.26	.480	-.72
20:4	G-5	-.93	3.27	3.52	2.15	3.46
20:5	G-5	-.45	2.95	6.77	1.67	1.15
22:PA	G-5	-.64	1.53	4.59	1.74	.92
22:PB	G-5	.43	2.91	6.26	1.77	.18
22:PC	G-5	2.90	3.15	3.32	1.74	1.24
a15:0	G-6	-4.80	3.22	2.15	-3.32	-4.67
a17:0	G-6	-4.73	3.2	1.57	-3.37	-4.05
i15:0	G-4	3.78	-.18	-3.15	-7.28	4.50
i16:0	G-4	3.73	.75	-3.89	-5.84	3.49
i17:0	G-4	5.39	-1.52	-2.00	-5.41	3.16
10me16:0	G-3	-36.01	1.05	-8.10	1.14	.83

Tabla A7. Carga de los factores del AF para los 35 ácidos grasos. Extracción por componentes principales y rotación Varimax. (*>0.5, **>0.7).

<i>FAMES</i>	<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Factor 3</i>	<i>Factor 4</i>	<i>Factor 5</i>
12:0	.31	.02	.77**	.06	-.23
13:0	.67*	.30	.55*	.18	-.00
14:0	-.21	.34	.75**	.13	.00
15:0	.61*	.06	.27	.44	-.15
16:0	.75**	-.08	.21	-.19	-.07
17:0	.21	-.84**	-.16	.08	.01
18:0	-.03	-.81**	-.31	-.14	.22
22:0	-.45	-.73**	.08	-.09	.40
24:0	-.51*	-.79**	.03	-.02	.29
26:0	-.31	-.88**	.12	.01	.20
28:0	-.14	-.90**	.17	.07	.05
16:1 ω 7	-.06	.77**	-.03	.36	.32
16:1 ω 9c	-.20	.55*	.44	.38	.05
16:1 ω 9t	-.73**	.33	.27	.28	.25
17:1 ω 6	.53*	.22	-.03	.50*	-.11
18:1 ω 7	.46	.35	.10	.26	.26
18:1 ω 9c	-.23	-.08	-.60*	.28	.05
18:1 ω 9t	-.06	.47	-.76**	-.09	.16
20:1A	.05	-.51*	.03	-.69*	.11
20:1B	-.06	.05	-.28	-.88**	.11
20:1 ω 9c	.80**	.21	.23	.06	.19
22:1A	.79**	.08	.45	-.06	.25
18:2 ω 9	-.27	.08	.14	-.75*	.15
18:3 ω 9	.23	.03	.12	-.45	.00
20:4	.41	.38	-.62*	.44	-.02
20:5	.50*	.47	-.32	.51*	.02
22:PA	.89**	.22	.26	.08	.13
22:PB	.73**	.33	-.38	.37	.08
22:PC	.89**	.15	-.12	.28	.01
a15:0	-.90**	.07	.34	-.02	.08
a17:0	-.39	.12	.25	-.38	-.44
i15:0	-.18	.14	.21	.03	-.84**
i16:0	-.02	.17	.06	.35	-.86**
i17:0	.65*	.20	.00	-.03	-.65*
10me16:0	-.12	.18	-.54*	-.12	-.58*
Expl.Var	8.6	6.7	4.6	4.1	3.3
Prp.Total	.24	.19	.13	.12	.09

Tabla A8. Distancias de Mahalanobis para los 5 grupos de estaciones aplicando el AD.

<i>Grupos</i>	<i>G-1</i>	<i>G-2</i>	<i>G-3</i>	<i>G-4</i>	<i>G-5</i>
G-1	0.0	160	369	377	396
G-2	160	0.0	273	230	315
G-3	369	273	0.0	130	63
G-4	377	230	130	0.0	112
G-5	396	315	63	112	0.0

Tabla A9. Valores de la Prueba F con 21, 16 grados de libertad para los 5 grupos de estaciones en el AD.

<i>Grupos</i>	<i>G-1</i>	<i>G-2</i>	<i>G-3</i>	<i>G-4</i>	<i>G-5</i>
G-1		2.5	19.5	14.9	20.1
G-2	2.5		5.4	4.1	6.2
G-3	19.5	5.4		10.4	8.8
G-4	14.9	4.1	10.4		8.3
G-5	20.1	6.2	8.8	8.3	

Tabla A10. Niveles de significancia para la Prueba F de los 5 grupos de estaciones en el AD.

<i>Grupos</i>	<i>G-1</i>	<i>G-2</i>	<i>G-3</i>	<i>G-4</i>	<i>G-5</i>
G-1		.031	.000	.000	.000
G-2	.031		.001	.003	.000
G-3	.000	.001		.000	.000
G-4	.000	.003	.000		.000
G-5	.000	.000	.000	.000	

Tabla A11. Valores de los eigenvalores para los 5 grupos de estaciones, prueba de Lambda de Wilks y Chi-cuadrada. Grados de libertad y el nivel de significancia para los eigenvalores.

<i>No.</i>	<i>Eigenvalores</i>	<i>Lambda de Wilks</i>	<i>Chi-cuadrada</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Nivel de significancia</i>
1	37	.000	276	84	.000
2	14	.000	178	60	.000
3	10	.020	105	38	.000
4	3	.227	40	18	.002

Tabla A12. Registros canónicos no estandarizados para los 5 grupos de estaciones en el AD.

<i>Estación</i>	<i>Grupo</i>	<i>Raíz 1</i>	<i>Raíz 2</i>	<i>Raíz 3</i>	<i>Raíz 4</i>
AU01	G-1	-14.5	-2.7	-1.8	2.5
AU11	G-1	-16.1	-1.3	-2.9	4.2
BU08	G-4	1.1	5.8	3.2	.8
DU08	G-1	-13.0	-.1	-3.4	1.5
EU04	G-5	4.9	1.8	-5.0	-1.2
EU08	G-4	-1.7	6.3	2.6	.8
FU05	G-5	3.4	-.5	-4.7	-.6
FU08	G-5	3.5	1.5	-4.1	.0
FU12	G-4	.4	7.4	1.7	.9
AP02	G-3	1.7	-3.7	2.6	.5
AP06	G-4	.0	6.3	3.4	1.3
AP09	G-3	2.5	-3.1	3.6	1.0
BP02	G-5	3.3	.4	-3.2	1.0
BP03	G-2	-10.3	2.0	3.0	-7.6
BP05	G-5	.7	2.5	-4.7	-.1
BP06	G-4	-.4	6.7	2.5	3.1
CD06	G-3	3.5	-3.7	2.6	-.4
CW03	G-2	-10.8	1.3	3.5	-5.6
CP01	G-5	2.6	1.7	-3.4	-.7
CP03	G-3	4.1	.2	-2.3	-.5
CP05	G-3	2.1	-4.2	2.6	.4
CP07	G-4	.0	9.6	5.7	1.5
DP01	G-5	2.9	2.1	-3.1	-1.8
DP03	G-3	3.1	-2.3	2.1	-.8
DP05	G-3	1.8	-3.2	2.1	.6
DP08	G-5	4.5	1.0	-3.0	-.2
EP01	G-5	4.1	1.1	-4.8	1.1
EP03	G-3	1.9	-1.2	.6	.2
EP05	G-3	2.2	-4.5	1.4	.2
EP07	G-3	2.8	-4.1	1.1	-1.3
EP08	G-1	-15.9	-3.7	-2.1	.1
FP01	G-5	1.2	.9	-2.5	-1.9
FP04	G-3	3.7	-3.3	2.8	1.5
FP06	G-3	2.0	-2.9	1.1	-.6
FP08	G-3	1.2	-2.9	1.0	.4
GP01	G-3	1.9	-3.4	2.0	-.5
GP04	G-3	2.6	-2.1	3.7	.1
HP00	G-5	3.8	1.2	-3.0	-1.7
HP03	G-5	4.2	.9	-4.9	-.9
HP04	G-3	2.1	-4.2	3.0	.9
JP03	G-3	3.0	-3.8	1.2	1.9
KP01	----	-9.5	-21.5	.5	-6.9

Tabla A13. Estadística descriptiva: media, mínimo, máximo y desviación estandar (Des. Est.) para los 6 grupos de estaciones que comprenden los 35 FAMES. El número de estaciones de los grupos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 son 4, 2, 16, 6, 13 y 1, respectivamente.

Grupos	12:0				13:0			
	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.
G-1	0.38	0.06	0.55	0.22	0.40	0.30	0.57	0.13
G-2	0.89	0.58	1.21	0.45	0.67	0.43	0.92	0.35
G-3	0.66	0.20	1.00	0.17	0.37	0.24	0.63	0.09
G-4	0.70	0.46	0.92	0.19	0.43	0.34	0.51	0.07
G-5	0.52	0.23	0.76	0.17	0.39	0.19	0.71	0.12
G-6	0.61	0.61	0.61		0.13	0.13	0.13	

Grupos	14:0				15:0			
	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.
G-1	5.66	4.41	6.81	1.08	7.82	6.56	10.59	1.91
G-2	7.48	7.40	7.55	0.10	3.80	3.69	3.90	0.15
G-3	4.96	3.15	5.74	0.66	1.96	1.57	2.09	0.15
G-4	5.28	4.34	6.35	0.71	3.43	2.07	4.29	0.84
G-5	4.79	3.54	5.85	0.67	2.74	1.47	4.15	0.64
G-6	3.41	3.41	3.41		1.51	1.51	1.51	

Grupos	16:0				17:0			
	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.
G-1	20.58	17.23	24.98	3.29	2.96	2.06	3.39	0.62
G-2	16.44	15.17	17.70	1.79	1.97	1.87	2.07	0.14
G-3	15.1	8.66	17.47	2.04	2.28	1.89	2.75	0.25
G-4	17.97	13.31	21.73	3.14	2.51	2.14	2.87	0.33
G-5	17.01	13.49	19.89	1.88	2.49	2.10	2.81	0.20
G-6	15.48	15.48	15.48		7.01	7.01	7.01	

Grupos	18:0				22:0			
	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.
G-1	3.72	2.86	4.26	0.62	0.79	0.71	0.89	0.08
G-2	2.85	2.33	3.37	0.73	0.70	0.52	0.89	0.26
G-3	3.87	3.01	5.01	0.62	1.62	1.20	2.28	0.29
G-4	3.99	3.46	4.52	0.39	0.95	0.58	1.41	0.31
G-5	3.94	3.24	4.47	0.41	0.90	0.57	1.29	0.24
G-6	7.83	7.83	7.83		2.64	2.64	2.64	

Grupos	24:0				26:0			
	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.
G-1	1.11	0.90	1.33	0.23	0.89	0.57	1.30	0.31
G-2	0.84	0.54	1.13	0.42	0.57	0.39	0.76	0.26
G-3	2.25	1.53	3.01	0.41	1.56	0.72	2.11	0.38
G-4	1.31	0.85	1.96	0.44	1.00	0.64	1.789	0.45
G-5	1.06	0.52	1.81	0.40	0.68	0.22	1.27	0.32
G-6	4.41	4.41	4.41		3.70	3.70	3.70	

(Continuación Tabla A13.)

Grupos	28:0				16:1ω7			
	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.
G-1	0.70	0.39	1.12	0.32	6.72	5.42	8.02	1.17
G-2	0.46	0.21	0.71	0.36	6.90	6.81	7.00	0.13
G-3	1.07	0.34	1.54	0.31	5.15	3.73	6.47	0.89
G-4	0.84	0.45	1.69	0.45	4.90	3.35	6.40	1.00
G-5	0.48	0.16	0.89	0.22	6.28	4.71	8.59	1.23
G-6	2.65	2.65	2.65		1.92	1.92	1.92	

Grupos	16:1ω9c				16:1ω9t			
	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.
G-1	0.79	0.43	1.15	0.33	1.09	0.81	1.70	0.41
G-2	1.33	1.13	1.53	0.29	1.94	1.77	2.12	0.25
G-3	1.15	0.83	1.77	0.21	1.74	1.20	2.18	0.28
G-4	0.92	0.80	1.01	0.09	1.14	0.87	1.54	0.22
G-5	1.03	0.65	1.27	0.19	1.29	0.87	1.63	0.20
G-6	0.21	0.21	0.21		0.65	0.65	0.65	

Grupos	17:1ω6				18:1ω7			
	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.
G-1	2.41	1.68	3.00	0.57	0.43	0.40	0.47	0.03
G-2	1.09	1.06	1.11	0.04	0.54	0.50	0.57	0.05
G-3	0.76	0.33	1.55	0.35	0.68	0.5	1.04	0.14
G-4	0.98	0.60	1.22	0.22	0.53	0.47	0.64	0.07
G-5	1.11	0.45	1.85	0.45	0.66	0.52	0.85	0.11
G-6	0.18	0.18	0.18		0.25	0.25	0.25	

Grupos	18:1ω9c				18:1ω9t			
	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.
G-1	2.99	2.69	3.32	0.29	4.79	4.44	5.29	0.42
G-2	3.08	2.69	3.47	0.55	4.16	3.79	4.52	0.51
G-3	3.19	2.10	4.47	0.77	5.24	3.79	7.01	0.99
G-4	3.60	2.85	4.70	0.63	4.72	3.23	6.12	0.93
G-5	3.64	2.96	4.23	0.39	7.46	5.70	9.67	1.19
G-6	3.64	3.64	3.64		2.82	2.82	2.82	

Grupos	20:1ω9				20:1A			
	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.
G-1	0.40	0.33	0.54	0.10	0.47	0.16	0.85	0.33
G-2	0.28	0.27	0.29	0.01	0.68	0.42	0.94	0.37
G-3	0.35	0.15	0.64	0.16	1.11	0.61	1.92	0.35
G-4	0.47	0.10	0.76	0.16	1.10	0.31	1.92	0.58
G-5	0.43	0.27	0.64	0.13	0.87	0.49	1.34	0.26
G-6	0.10	0.10	0.10		2.61	2.61	2.61	

(Continuación Tabla A13.)

Grupos	20:7B				22:7A			
	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.
G-1	1.19	0.58	1.69	0.47	0.22	0.13	0.31	0.09
G-2	1.01	0.54	1.47	0.65	0.17	0.12	0.23	0.08
G-3	2.16	1.13	3.64	0.78	0.21	0.07	0.53	0.10
G-4	1.84	0.78	2.87	0.93	0.26	0.16	0.36	0.07
G-5	2.13	1.30	3.80	0.69	0.28	0.12	0.45	0.10
G-6	1.56	1.56	1.56		0.07	0.07	0.07	

Grupos	18:2a9				18:3a9			
	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.
G-1	1.53	0.37	2.65	1.21	0.83	0.40	1.31	0.38
G-2	2.06	1.29	2.82	1.08	0.77	0.60	0.94	0.24
G-3	2.91	1.50	4.29	0.98	1.05	0.53	2.45	0.51
G-4	2.14	0.77	4.17	1.29	1.50	0.72	4.29	1.38
G-5	2.39	1.83	2.95	0.46	1.02	0.73	1.46	0.20
G-6	2.18	2.18	2.18		0.75	0.75	0.75	

Grupos	20:4				20:5			
	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.
G-1	0.87	0.45	1.22	0.37	0.95	0.61	1.26	0.33
G-2	0.60	0.41	0.78	0.27	0.66	0.52	0.81	0.21
G-3	0.58	0.22	1.30	0.33	0.56	0.19	1.19	0.24
G-4	0.68	0.46	0.89	0.19	0.64	0.42	0.85	0.16
G-5	1.22	0.57	1.87	0.39	1.09	0.48	1.62	0.41
G-6	0.13	0.13	0.13		0.08	0.08	0.08	

Grupos	22:PA				22:PB			
	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.
G-1	0.52	0.27	0.76	0.24	0.24	0.18	0.30	0.06
G-2	0.28	0.24	0.33	0.06	0.12	0.03	0.20	0.12
G-3	0.39	0.19	0.94	0.20	0.21	0.03	0.79	0.20
G-4	0.44	0.36	0.55	0.08	0.28	0.12	0.54	0.14
G-5	0.66	0.30	0.97	0.21	0.33	0.17	0.55	0.10
G-6	0.14	0.14	0.14		0.08	0.08	0.08	

Grupos	22:PC				a15:0			
	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.	Media	Mínimo	Máximo	Des.Est.
G-1	0.95	0.61	1.26	0.33	3.91	2.98	5.02	0.85
G-2	0.12	0.03	0.20	0.12	7.00	6.38	7.63	0.89
G-3	0.56	0.19	1.19	0.24	6.77	4.64	8.26	1.16
G-4	0.64	0.42	0.85	0.16	4.76	4.11	5.30	0.49
G-5	1.09	0.48	1.62	0.41	4.62	3.69	5.70	0.67
G-6	0.08	0.08	0.08		3.88	3.88	3.88	

(continuación Tabla A13.)

Grupos	a17:0				i15:0			
	Media	Mínimo	Máximo	Des. Est.	Media	Mínimo	Máximo	Des. Est.
G-1	1.27	0.99	1.53	0.22	4.57	4.24	5.03	0.34
G-2	1.45	1.36	1.54	0.13	5.56	5.16	5.95	0.55
G-3	1.78	1.45	2.52	0.37	4.30	3.22	5.11	0.51
G-4	1.56	1.30	1.78	0.18	5.96	3.96	6.89	1.08
G-5	1.59	1.32	2.97	0.42	4.51	3.32	5.89	0.63
G-6	1.27	1.27	1.25		2.81	2.81	2.81	

Grupos	i16:0				i17:0			
	Media	Mínimo	Máximo	Des. Est.	Media	Mínimo	Máximo	Des. Est.
G-1	1.86	1.67	2.12	0.20	1.40	1.26	1.52	0.10
G-2	2.01	1.76	2.26	0.35	1.26	1.23	1.29	0.04
G-3	1.77	1.50	2.16	0.17	1.18	0.97	1.53	0.16
G-4	2.12	1.66	2.40	0.27	1.63	1.41	1.77	0.13
G-5	1.88	1.65	2.19	0.15	1.41	1.27	1.57	0.10
G-6	1.26	1.26	1.26		0.77	0.77	0.77	

Grupos	10me16:0			
	Media	Mínimo	Máximo	Des. Est.
G-1	2.91	2.05	3.62	0.77
G-2	2.83	2.40	3.25	0.60
G-3	3.46	2.62	4.66	0.54
G-4	4.03	2.83	5.07	0.76
G-5	4.47	3.55	5.41	0.61
G-6	3.20	3.20	3.20	

Tabla A14. Valores de la razones entre los FAMES 10me16:0, i15:0 y a15:0 vs. 15:0, en los sedimentos superficiales del NGC para las 42 estaciones de muestreo.

<i>Grupo</i>	<i>Estación</i>	<i>Razón</i> <i>10me16:0/15:0</i>	<i>Razón</i> <i>i15:0/15:0</i>	<i>Razón</i> <i>a15:0/15:0</i>	
1	AU01	0.27	0.59	0.40	
	AU11	0.33	0.48	0.37	
	DU08	0.55	0.69	0.56	
	EP08	0.38	0.65	0.77	
2	BP03	0.88	1.61	2.07	
	CW03	0.62	1.32	1.63	
3	AP02	2.15	2.44	3.13	
	EP03	1.93	2.56	2.84	
	AP09	1.60	2.11	3.76	
	CP05	1.68	2.09	3.98	
	EP05	1.68	2.09	3.98	
	DP05	1.77	1.68	2.43	
	FP06	1.56	1.88	3.61	
	EP07	1.67	2.21	3.87	
	CD06	1.38	2.02	3.85	
	FP08	1.43	2.16	3.27	
	GP04	1.58	2.39	4.09	
	FP04	1.63	2.28	3.52	
	DP03	2.03	2.65	3.29	
	GP01	2.27	2.12	2.77	
	JP03	2.01	2.19	3.13	
	HP04	1.85	2.24	3.54	
	4	BP06	0.91	1.38	0.96
		FU12	1.11	1.79	1.36
EU08		1.22	1.61	1.20	
BU08		1.16	1.83	1.44	
CP07		1.45	2.13	1.72	
AP06		1.37	1.91	2.12	
HP03		2.63	2.96	3.16	
DP08		2.43	2.64	2.52	
BP05		1.12	1.41	1.14	
FP01		1.57	1.74	1.96	
5	BP02	1.31	1.51	1.76	
	CP03	1.56	2.09	2.18	
	CP01	1.74	1.74	1.49	
	FU05	1.75	1.48	1.55	
	EU04	1.00	0.83	0.93	
	HPO0	1.88	1.62	1.86	
	DP01	1.69	1.55	1.68	
	FU08	1.80	1.63	1.66	
6	EP01	1.90	1.56	1.51	
	KP01	2.12	1.87	2.57	