

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



CICIMAR

**BIOMASA PROTEICA, DE CARBOHIDRATOS Y CLOROFILA DE LAS
FRACCIONES DE NANOPARTICULAS Y MICROPARTICULAS DE LA
REGION DE LAS GRANDES ISLAS Y CENTRAL DEL GOLFO DE
CALIFORNIA.**

T E S I S

QUE PRESENTA :

JOSE JESUS BUSTILLOS GUZMAN

COMO UN REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

CON ESPECIALIDAD EN CIENCIAS MARINAS

Se analiza el material orgánico **particulado** (MOP) y la estructura física de la zona fótica de la región de las grandes islas (Septiembre de 1987) y central (Noviembre de 1987 y Febrero de 1988) del Golfo de California. El MOP se describe en función de su composición bioquímica (proteínas (PROT), carbohidratos (CHO) y clorofila ^a (CLOR)), talla (1.2 - 38 micras y 38 - 200 micras) y origen (fitoplanctónico y no fitoplanctónico), así como su relación con la estructura física de la masa de agua.

La región de las grandes islas presentó dos tipos de influencia: uno, a nivel global, provocada por la presencia de agua Tropical superficial y se relaciona con bajas concentraciones de MOP en el **área**. A nivel local, se presentaron tres estructuras hidrográficas que afectan la distribución de MOP; una estratificación térmica vertical, una región de mezcla a lo largo del Canal de Ballenas y una zona de choque a la altura de la Isla San Lorenzo. La estratificación térmica se refleja en valores bajos del MOP, mientras que las dos últimas, en valores relativamente altos. La biomasa clorofiliana de la fracción nanoparticulada (1.2 - 38 micras), mostró una tendencia al aumento con la profundidad mientras que los carbohidratos y proteínas se mantuvieron homogéneos. Los valores máximos del MOP se presentaron en la región de choque, al sur del Canal de Ballenas, donde alcanzaron valores de 190 mg PROT m⁻³ de, 105 mg CHO m⁻³ y 1.0 mg CHO m⁻³. Los valores medios de la fracción **nano**, fueron de 62.5 (± 37.6) mg PROT m⁻³ y de 46.2 (± 22.6) mg CHO m⁻³. La clorofila presentó un valor medio de 0.31 (± 0.26) en los primeros 20 m y de 0.67 (± 0.35) mg m⁻³ en el estrato de los 35 m. La fracción microparticulada (38 - 200 micras) fue en general baja y homogénea en la columna de agua.

La contribución no fitoplanctónica (CNF) a la MOP total fue importante y variable, alternando con la biomasa fitoplanctónica para mantener cierta constancia en la concentración total de proteínas y carbohidratos en la columna de agua.

Durante la campaña a la región central, en Noviembre de 1987, la temperatura y salinidad superficial señalan la presencia de agua del Golfo y se asocia a valores altos de MOP. La biomasa tanto **nano** como microparticulada fue homogénea con la profundidad. Los valores medios fueron de 104.1 (± 8.3) mg PROT m⁻³, 54.8 (± 5.6) mg CHO m⁻³ y de 1.44 (± 0.20) mg CLOR m⁻³ en la **fracción** nanoparticulada. Las micropartículas representaron entre el 40 y 60% de la concentración de las nanopartículas.

Para Febrero de 1988, la región continuó influenciada por agua del Golfo y con concentraciones altas de MOP. La biomasa proteica y clorofiliana de las nanopartículas continúa alta en superficie pero disminuyendo con la profundidad con valores de 102.9 (± 25.2) mg PROT m⁻³ en superficie a 38.9 (± 10.3) mg PROT m⁻³ a los 35 m y de 1.48 (± 0.45) mg CLOR m⁻³ en superficie a 0.73 (± 0.26) mg CLOR m⁻³ a los 35 m. El carbohidrato se mantiene homogéneo con la profundidad con un valor medio de 30.8 (± 5.2) mg CHO m⁻³. La fracción microparticulada disminuye también con la profundidad de 30.8 (± 5.2) mg PROT m⁻³ en **superficie** a 7.0 (± 3.3) mg PROT m⁻³, a los 35 m; de 19.5 (± 2.8) a 9.7 (± 2.2) mg CHO m⁻³ y de 0.91 (± 0.8) a 0.51 (± 0.20) mg CLOR m⁻³.

La CNF al total de la MOP para estos dos últimos, fue variable y representó entre el 21% y 59% de la biomasa proteica y de 26% al 70% del carbohidrato.

Los resultados anteriores permiten suponer cuatro procesos importantes que necesariamente influyen en la transferencia energética a través de la **pirámide** alimenticia: a) la dominancia de nanopartículas orgánicas en toda la zona fótica, con ligeros incrementos puntuales de la fracción microparticulada; b) la importante contribución alternada de nanopartículas fotosintéticas y no fotosintéticas, a la biomasa total proteica y de carbohidratos.

Ambas fracciones poseen aparentemente el mismo potencial alimenticio para organismos consumidores secundarios; c) la **distribución** espacial de **nanopartículas** y micropartículas, estrechamente relacionada con diversas estructuras hidrográficas de la masa de agua, particularmente frentes **térmicos**; y d) procesos físicos o biológicos, aun no definidos, que provocan también que exista una aparente distribución espacial selectiva de nanopartículas fotosintéticas y no fotosintéticas.

Finalmente, un fenómeno de influencia mundial conocido como EL NIÑO y coincidente con el período de muestreo, aparentemente también parece tener un efecto sobre la calidad y cantidad del MOP de la región de estudio.

Estos procesos podrían considerarse importantes, particularmente para la mejor comprensión del establecimiento y fluctuaciones de las grandes biomasas de organismos, como la sardina del Golfo, que ocurren en esta región.

I N D I C E

1. INTRODUCCION	1
II. AREA DE ESTUDIO	3
II. 1. Región norte	4
11.2. Región central	17
III. METODOLOGIA	11
IV. RESULTADOS	17
IV. 1. GOLCA-8709	17
IV.1.1. Parámetros físicos	17
IV. 1.2. Fracción nanoparticulada	20
IV. 1.3. Fracción microparticulada	27
IV.1.4. Análisis estadístico	31
IV.2. GOLCA-8711	31
IV.2.1. Parámetros físicos	31
IV.2.2. Fracción nanoparticulada	34
IV.2.3. Fracción microparticulada.	36
IV.2.4. Análisis estadístico	41
IV.3. GOLCA-8802	41
IV.3.1. Parámetros físicos	41
IV.3.2. Fracción nanoparticulada	46
IV.3.3. Fracción microparticulada	46
IV.3.4. Análisis estadístico	50
IV.4. Contribucion del material fitoplanctónico y no fotosintético a la concentración de proteínas y carbohidratos	51
V. DISCUSION	54
V. 1. GOLCA-8709	54
V.1.1. Estructura física	54
V.1.2. Relación entre la biomasa particulada y la estructura física	55
V.2. GOLCA-871 1	60
V.2.1. Estructura física	60
V.2.2. Relación entre la biomasa particulada y la estructura física	61
V.3. GOLCA-8802	61
V.3.1. Estructura física	61
V.3.2. Relación entre la biomasa particulada y la estructura física	62
V.4. Análisis comparativo	64
VS. Contribución del material fitoplanctónico y no fotosintético a la concentración de proteínas y carbohidratos	66
V.5.1. Origen del detritus	68
V.6. Efecto del evento ENSO	70
VI. CONCLUSIONES	80
VII. BIBLIOGRAFIA	80
VIII. ANEXO I	96

BIOMASA PROTEICA, DE CARBOHIDRATOS Y CLOROFILA DE LAS FRACCIONES DE NANOPARTICULAS Y MICROPARTICULAS DE LA REGION DE LAS GRANDES ISLAS Y CENTRAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA.

1. INTRODUCCION

El campo de investigación en el cual la ciencia pesquera se ha encontrado con grandes problemas, es en la predicción del tamaño del recurso pesquero potencialmente disponible y de establecer sus **límites** de explotación (UNESCO, 1984). El parámetro principal en estas estimaciones es el reclutamiento, el cual parece estar estrechamente relacionado con el alimento durante el desarrollo **larvario** (UNESCO, 1984). El éxito en el reclutamiento de peces, moluscos **y/o crustáceos**, depende en gran medida de la disponibilidad del alimento que el organismo encuentre durante sus diferentes estadios planctónicos. Aunque actualmente se especula que el reclutamiento no está definido por el porcentaje de mortalidad de las larvas primera alimentación sino por el éxito en la sobrevivencia de los juveniles -al menos para la especie *Engraulis mordax* (**Smith, P. com. pers.**)-, la idea del alimento como responsable de las fluctuaciones del stock pesquero pueden aún aplicarse, aunque diferida a las etapas juveniles. Cushing (1975) define que el porcentaje de mortalidad para la larva primera alimentación del lenguado del Mar del Norte, se aproxima al 80% mensual; 10% mensual hasta alcanzar el primer invierno y posteriormente 10% por año en la etapa adulta. Al parecer, el mecanismo más importante que induce esta alta mortalidad en las larvas de primera alimentación, es precisamente la disponibilidad de alimento (Cushing, 1975). Podría parecer suficiente considerar que en zonas templadas, los huevos eclosionan durante épocas cuando la producción del fitoplancton y zooplancton es suficientemente elevada (Leiby, 1984) 6 que existen asociaciones de huevos y **larvas** de peces con altas concentraciones de clorofila (Lasker y Sweifel, 1978). Sin embargo, la disponibilidad del alimento implica algo más que su sola presencia. Trabajos recientes mencionan la importancia de que este alimento sea del tipo y talla adecuada, se encuentre en la correcta concentración y en el lugar preciso (Leiby, 1984), además de considerar su valor nutritivo y digestibilidad (Lasker y Sweifel, 1978).

términos de carbono, algunos dinoflagelados promueven un mayor crecimiento y sobrevivencia y que no se relaciona con la forma, carbono **célular** 6 tamaño por lo que sugieren que éstas diferencias pudieran deberse a factores nutricionales importantes. **Claustre** et al. (1990) muestran que durante una floración del alga *Phaeocystis* spp, esta representó más del 95% de la biomasa clorofiliana, pero apenas el 36% de la dieta de los copépodos, y asocian esta baja utilización al poco contenido de ácidos grasos insaturados y vitamina C del alga.

Todo lo anterior sugiere que el estudio de los aspectos **intrínsecos** del alimento disponible para los organismos marinos, especialmente los de importancia comercial, representa una alternativa hacia la solución de los problemas relacionados con la dinámica poblacional y al entendimiento de **las** relaciones interespecíficas del ecosistema marino.

En este trabajo se da información sobre el material orgánico **particulado** potencialmente disponible como **alimento**. **Este** material principalmente se describe en función de su talla (1.2-38 micras y 38-200 micras), origen (fitoplanctónico y no fitoplanctónico) y composición **bioquímica** (**proteínas**, carbohidratos y clorofila), factores que parecen ser importantes en su elección por organismos **heterótrofos**. Se definen la distribución y biomasa de los diferentes descriptores escogidos y se asocian a la estructura **física** de la masa de agua en una región del Golfo de California; sin embargo, no se pretende hacer una relación directa entre ellos más que las posibles coincidencias que resulten y que permitan el desarrollo de hipótesis sujetas a investigación futura y que profundicen en el entendimiento de las relaciones interespecíficas a través de la cadena alimenticia en el medio ambiente marino.

II. AREA DE ESTUDIO.

El **área** de estudio se encuentra ubicada en la región centro- norte del Golfo de California y desde el punto de vista oceanográfico comprende dos regiones separadas por la zona de las grandes islas. Ciertamente la cordillera submarina que se encuentra situada transversalmente a los aproximadamente **29** grados latitud norte entre las mencionadas islas impide el intercambio profundo entre las cuencas norte y sur, provocando que las características del agua de ambas regiones sean distintas. Por un lado, la región norte con una masa de agua puramente local y la sur como una prolongación del agua oceánica, proveniente del océano Pacífico, modificada por la **evaporación**, que le confiere **características** más salinas (Roden y **Groves**, 1959). Ambas regiones se encuentran influenciadas por factores meteorológicos que son, a fin de cuentas, los causantes de gran parte de la dinámica oceanográfica del Golfo. Así por ejemplo, el desplazamiento estacional del centro de baja presión de la región **más** norteña del

Vanderploeg et al. (1988) **en un** estudio de la selección del alimento por parte de copépodos Calanoides, demuestran que algunas algas como *Asterionella formosa* **son** menos depredadas cuando forman colonias de **más** de 8 células ya que éstas, forman un **círculo** que disminuye la habilidad de los copépodos para su captura. **Así** mismo señalan que la elongación de un alga en sus 3 dimensiones, como en el caso de la especie *Stenophanodiscus nigerea*, también evita la ingestión al convertirse en algas demasiado grandes para su manejo; La presencia de espinas y **frústulas** fuertes pueden también ser factores importantes durante la depredación.

La talla, dentro del alimento, se considera simplemente como una relación puramente física que debe existir entre la presa y el depredador. **Así**, para larvas de peces, cabe esperar que la presa sea igual o menor al tamaño **máximo** de la boca dando por resultado una selectividad mayor hacia ciertas tallas. Por ejemplo Hunter (1977) y Hunter y **Kimbrell** (1980) determinaron que en promedio el 50% de las larvas de anchoveta (*Engraulis mordax*) **o macarela** (*Scomber japonicus*) **se** alimentaron de presas con una relación tamaño de la presa:tamaño de la boca de 0.76. Berggreen **et al.** (1988) dan un caso específico para los diferentes estadios larvales del **copépodo** *Acartia tonsa*, señalando que estos ingieren preferentemente algas cuya talla esté entre el 2 y 5% de la longitud del **prosoma**, independientemente del estadio.

La concentración, al parecer, está relacionada con el balance energético entre la energía invertida en los intentos de captura y la energía **obtenida** en los éxitos. Ivlev (1944; citado por **Parsons et al.**, 1984) **gráfica** la **concentración** de la presa con el tiempo de captura **-energía invertida-** y se observa que, a una cierta concentración, el tiempo tiende al infinito, punto que denomina número crítico de presas. Lasker (1975), demuestra que larvas primera alimentación requieren agregaciones de fitoplancton mayores de **20 células/ml** con un diámetro de 40 micras, 2 y medio **días** después de absorbido el vitelo, asociando esta condición con los máximos subsuperficiales de clorofila.

La composición bioquímica parece **también** jugar un papel importante en la selección, ingestión y asimilación del material orgánico **particulado** por los organismos que de ella se alimentan. Por ejemplo Kiorboe (1989), encuentra que la fecundidad del **copépodo** *Acartia tonsa* varía en función del nitrógeno ingerido y no del número de **células**. De igual forma, se ha demostrado que las tasas de ingestión son mayores sobre células en fase de crecimiento exponencial que las de fase estacionaria (Houde y **Roman**, 1987; Cowles **et al.**, 1988). **Huntley et al.** (1987) cultivaron nauplios del **copépodo** *Calanus pacificus* **alimentándolos** con diferentes especies de dinoflagelados y encuentran que, a pesar de tener el mismo valor nutritivo en

Golfo hacia el estado de Chihuahua, provoca un cambio en los patrones de circulación del viento, de tal forma que en verano la dirección del viento es del sur y durante el invierno, del norte (Schrader y Baumgartner, 1983; Bray y Robles, en prensa). Este cambio del patrón de circulación eólica es importante, ya que trae como consecuencia que las surgencias se desarrollen en las costas de Sonora y Sinaloa durante el invierno y en las de Baja California durante el verano.

II.1. REGION NORTE (GOLCA-8709)

La región norte, donde se **llevó** a cabo el muestreo de Septiembre de 1987 (**GOLCA-8709**)(Fig. 1), se encuentra ubicada en un ambiente **árido** (gran amplitud de temperatura anual y precipitación menor a 100 **mm/año**). La profundidad media es alrededor de los 200 metros con excepción del Canal Salsipuedes donde se encuentra la cuenca del mismo nombre, con profundidades mayores a los 900 metros; se caracteriza por una fuerte mezcla, principalmente en la región de acotamiento de las islas con la **península** de Baja California, provocada por la marea. El viento también es importante como un factor de mezcla, llegando a mezclar la capa superficial hasta los 80 metros aunque a veces vientos muy intensos llegan a mezclar hasta los 200 metros (Roden y **Groves**, 1959). Las altas tasas de mezcla se ven también reflejadas en las altas concentraciones de oxígeno disuelto a todas las profundidades siendo **más** evidentes en la zona del canal de Ballenas donde la diferencia entre la superficie y los 1000 metros es de apenas 1 **ml/l** (Roden, 1964). Los procesos de **advección** que ocurren durante el Invierno cuando el agua superficial del extremo norte se hunde debido al enfriamiento y evaporación excesiva, para luego moverse hacia el sur y por el fondo para llenar las cuencas que se encuentran en el **área**, ayudan también a explicar la poca diferencia en la concentración de oxígeno (Sverdrup, 1941; Alvarez Borrego y Schwartzlose, 1979).

La temperatura en la región es, en la mayor parte del año, **más fría** que la zona sur teniendo entre 15 y 16 grados C en Enero y de 27 a 31 grados C en el verano. De Diciembre a Mayo las isoterms se distribuyen perpendiculares a la costa; de principios de Junio hasta Septiembre corren paralelas al Golfo, con aguas más calientes en las costas de **Sonora y Sinaloa** y surgencias en la costa de Baja California. Octubre y Noviembre son **períodos** de cambio para el desarrollo de la situación inversa en la región central y sureña, esto es altas temperaturas hacia aguas Bajacalifornianas y surgencias a lo largo de las costas Sonorenses y Sinaloenses. En este último período, las surgencias son más intensas y amplias (desde los 23 grados **L.N.** a los 28 grados **L.N.**) (Roden, 1964; Robinson, 1973; Badan **Dangon** et al., 1985).

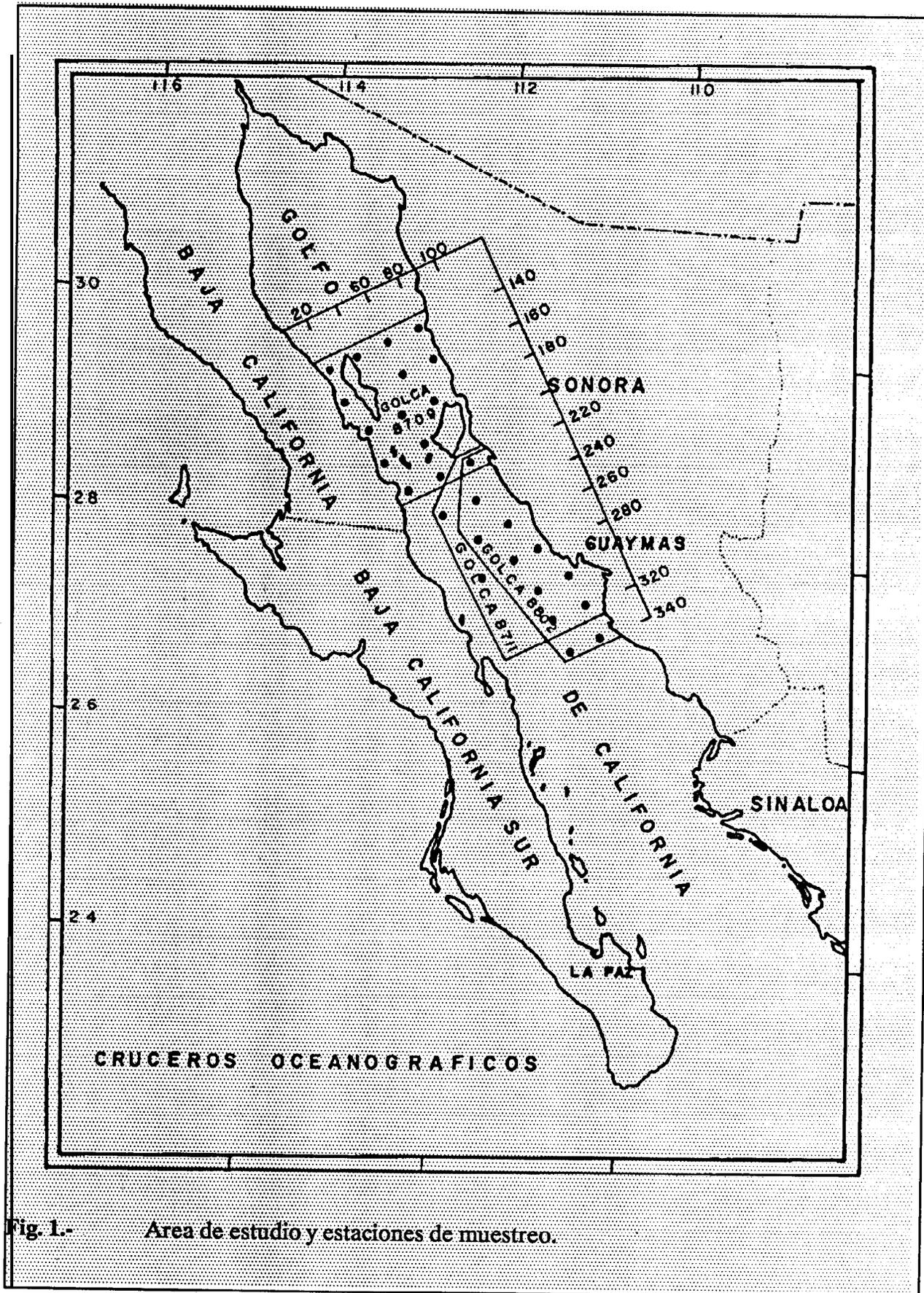


Fig. 1.- Area de estudio y estaciones de muestreo.

SALINIDAD

La salinidad superficial oscila entre 35 ‰ y 35.8 ‰ y es 1 a 2 ‰ más alta que aquellas fuera del Golfo a la misma Latitud (Roden, 1964). La **estructura** vertical muestra que la salinidad disminuye con la profundidad, situación que prevalece gran parte del año (finales de la primavera y durante verano y otoño). En invierno se encuentra agua más salina hundiéndose hasta los 150 metros demostrando el proceso de advección sugerido por Sverdrup (1941) y confirmado por Alvarez Borrego y Schwartzlose (1979). La penetración de agua del Océano **Pacífico** en el Golfo ocurre aproximadamente a profundidades por abajo de los 500 m (Roden, 1964; Alvarez Borrego y Schwartzlose, 1979). A finales de verano, parece encontrarse un flujo hacia el norte a lo largo de la costa oriental y un flujo de alta salinidad a lo largo de la costa occidental, ambos a profundidades de unos **50 m** (Roden y **Groves**, 1959).

NUTRIENTES

Los trabajos sobre nutrientes en el **área** de estudio muestran que las concentraciones de fosfatos en general son mayores de 1.9 micromolar (**Zeitzschel**, 1969; Alvarez Borrego et al., 1978; Valdez Holguin y Lara Lara, 1987; Alvarez Borrego y Gaxiola Castro, 1988). Hernandez Becerril (1987) reporta valores desde 1.1 a 3.0 micromolar por lo que este nutriente no es limitante para el crecimiento del fitoplancton (considerando un mínimo para el fitoplancton tropical oceánico de 0.22 micromolar sugerido por Thomas y Dodson (1968)). Los nitratos y silicatos se han reportado como abundantes con valores mayores de 13 y 29 micromolar respectivamente, en el Canal de Ballenas (Alvarez Borrego et al., 1978). Alvarez Borrego y Gaxiola Castro (1988) dan valores entre 4.7 y 11.4 micromolar y un promedio de 6.67 micromolar de nitratos más nitritos para el invierno y para el verano, los valores oscilaron entre 2.5 y 18.4 micromolar con un promedio de 6.54 micromolar. Los silicatos se reportan con promedios mayores a los 15 micromolar en ambas estaciones del año.

FITOPLANCTON Y PRODUCCION PRIMARIA

Gilbert y **Allen** (1943) enmarcan la zona como parte de la región norteña y la caracterizan por la presencia de *Asterionella japonica*. Posteriormente Round (1967) analiza el material colectado en 1959 y 1960 y divide la **region** norteña en dos **áreas**; Una, incluyendo el área de acotamiento de las grandes islas y la otra, la región este de las islas. El área de estudio según Roden (op. cit.) se distingue por intensas floraciones de *Coscinodiscus lineatus*, *C. asterophalus* y *Stephanopyxis palmeriana*. Sin embargo, *Chaetoceros radicans* y *Gonyaulax poligramma*, en

1957, aparecen dominando el **área** (Brinton et *al.*, 1986) lo que permite suponer que las condiciones para las floraciones se presentan año tras **año**, pero la especie dominante es diferente, Brinton y Townsend (1980) consideran el **área** de los canales como una zona **faunística**. Por otro lado, la zona al este de las islas la caracteriza por una baja diversidad fitoplanctónica e intensas surgencias locales de *Gonyaulax poliedra* y *G. Catanella*.

La biomasa fitoplanctónica se encuentra en general dominada por la **fracción nanoplanctónica** (Zeitzchel, 1970; Hernández Becerril, 1987; Lara Lara y Valdez Holguín, 1988; **Gárate Lizárraga**, 1988; Bustillos Guzmán et *al.*, dat. no publ.) aunque hay algunos casos, principalmente en la zona costera, donde domina el microplancton (**Gárate Lizárraga**, 1988; Lara Lara y Valdez **Holguín**, 1988). Los valores de clorofila oscilan entre 1.0 y 3.46 mg m⁻³ para el invierno y 1.06 a 4 mg m⁻³ para el verano (Alvarez Borrego y Gaxiola Castro, 1988) lo que parece indicar que la biomasa fitoplanctónica es alta durante gran parte del año. La productividad primaria de esta **área** se ha considerado elevada debido a las altas densidades de **fitoplanctón** comparadas con el resto del Golfo (Gilbert y **Allen**, 1943, **Round**, 1967). Ciertamente en concordancia con la biomasa, la productividad es alta y es comparable con **áreas** como la **Bahía** de Bengala, zonas de surgencia de la costa **occidental** de Baja California y el norte de Africa (Zeitzchel, 1969). Este último autor da valores de 0.44 a 0.58 gC/m²/día para dos estaciones del **área** durante el mes de Diciembre de 1968; luego Gaxiola Castro y Alvarez Borrego (1986) calculan la productividad entre 1.62 y 4.30 g C/m²/día para Diciembre de 1981. Martínez Gaxiola y Lara Lara (en prep.) estiman valores de 0.54 a 0.80 g C/m²/día para el mismo mes pero de 1986. Alvarez Borrego y Lara Lara (en prensa) concluyen que los datos sobre productividad primaria son diversos por lo que no es posible describir adecuadamente las variaciones estacionales y menos aún interanuales aunque hay evidencias de que es mayor durante la primavera e inicios de verano. También señalan la necesidad de muestreos continuos (series de tiempo) dado los grandes cambios espacio-temporales de este parámetro.

II.2. REGION CENTRAL (GOLCA-8711 Y GOLCA-8802).

Esta región comprende desde los 27 grados hasta los 29 grados latitud norte e incluye el **área** donde se efectuaron los cruceros **GOLCA-8711** y **GOLCA-8802** (Fig. 1). La región se enmarca en un clima menos **árido** que la "norteña", con lluvias que ocurren a finales del verano y es la costa oriental del Golfo la que recibe el doble de esta lluvia. El **área** norte de esta región central **posee** una amplia plataforma continental (profundidades menores a 200 m), al sur de Isla Tiburón que se estrecha a los aproximadamente 28 grados LN para dar paso a dos fosas, con profundidades mayores a los 900 m, denominadas cuenca de **Guaymas** y Tortuga. La

profundidad es pues grande y existe una comunicación abierta con el océano. El área se ve influenciada por tres masas de agua: agua de la Corriente de California, fría y de baja salinidad (S ‰ de 34.60) ; agua superficial del Pacífico Tropical Oriental con salinidades intermedias (34.65 . = 34.85) y aguas del **Golfo** de California que es caliente y salinidades mayores de 34.9 ‰. La estructura vertical durante el Otoño-Invierno, de estas masas de agua señala que, en la superficie, existe agua del Golfo de California y por abajo de ella, agua de la Corriente de California. Para la **Primavera-Verano**, la influencia del Agua Tropical superficial se incrementa y la de la Corriente de California disminuye creándose un perfil de agua superficial: Tropical-agua del Golfo, y bajo estas, agua Tropical subsuperficial. Hacia los 500 m hay agua intermedia del Pacífico y por abajo de ésta, agua profunda del Pacífico (Alvarez Borrego y Schwartzlose, 1979; Robles y Marinone, 1987; Bray, 1988). La influencia de éstas masas de agua en el área depende de la época del año, así por ejemplo Roden (1964) reporta que la atenuación del **mínimo** y **máximo** subsuperficial de Salinidad (indicadores de agua superficial del Pacífico y agua subsuperficial subtropical, respectivamente) sucede hacia el interior del Golfo, encontrando evidencia de agua superficial del Pacífico en un transecto a la altura de **Guaymas** en el mes de Agosto de 1957. Así pues, la influencia en superficie de aguas diferentes a las del Golfo en esta área es nula, al menos que la estructura vertical se rompa (surgencias). La temperatura en el área decrece **monotónicamente** con la profundidad. De Diciembre a Mayo las isotermas van de este a oeste para que después de Mayo hasta Septiembre, las isotermas corran paralelas al Golfo con temperaturas altas (29.5 grados C) sobre las costas de Sonora y Sinaloa. En Octubre se desarrolla una transición entre este patrón y el opuesto: altas temperaturas en la costa de Baja California y surgencias en la costa este (Alvarez Borrego y Lara Lara, en prensa; Badan **Dangon et al.**, 1985). En Febrero, la temperatura oscila entre 14 y 18 grados C subiendo progresivamente con el tiempo hasta alcanzar en verano, valores entre 29 y 31 grados C (Roden y **Groves**, 1959),

SALINIDAD

La salinidad depende de la masa de agua que domine, pero en general en superficie los valores típicos son superiores a 35 ‰ en años normales mientras que en años cálidos (años **influenciados** por el evento **ENSO**) la salinidad es menor a 35 ‰ (Robles y Marinone, 1987). Esta masa de agua de alta salinidad es característica del Golfo por lo que se le ha denominado agua del Golfo y es considerada como Ecuatorial superficial por Roden y **Groves** (1959) y como agua subsuperficial subtropical, por Baumgartner et al. (en prensa). Agua del Pacífico Tropical Oriental y subsuperficial subtropical, **sólo** invaden el **área** desde finales de la Primavera hasta el Otoño (Alvarez Borrego y Schwartzlose, 1979). La penetración de agua del

Océano Pacífico en el Golfo ocurre aproximadamente a profundidades por abajo de los 500 m (Roden, 1964; Alvarez Borrego y Schwartzlose, 1979). A finales del verano, parece encontrarse un flujo hacia el norte, de agua de baja salinidad a lo largo de la costa oriental y un flujo de alta salinidad a lo largo de la costa occidental, ambos a profundidades de unos 50 m (Roden y Groves, 1959).

NUTRIENTES

Zeitzschel(1969) **revisó** los datos disponibles de nutrientes y señala que durante invierno y verano la concentración superficial de fosfatos fue mayor de 0.4 micromolar y concluye que este nutriente no es limitante para el crecimiento del fitoplancton. Similares valores reportados por otros autores, han confirmado los resultados de Zeitzschel para esta **área** (Alvarez Borrego *et al.*, 1978; Gihmartin y Revelante, 1978; Valdez **Holguín** y Lara Lara, 1987; Alvarez Borrego y Gaxiola Castro, 1988). Alvarez Borrego y Lara Lara (en prensa), señalan que la distribución de nutrientes es muy parecida a la del océano abierto con los fosfatos y silicatos incrementándose con la profundidad hasta 2.3 - 2.5 micromolar y 30 micromolar respectivamente a los 100 m. El silicato se incrementa **monotónicamente** con la profundidad hasta aproximadamente 170 micromolar a los 3000 m. Los nitratos también aumentan rápidamente de 0.1 - 0.6 micromolar en superficie a 25 micromolar a los 100 m. En la región somera centro-norte del Golfo los máximos de nitratos y silicatos han sido reportados para el Invierno, a 80 y 125 m de profundidad, con valores entre 21 y 23 micromolar, y de 53 a 67 micromolar respectivamente (Alvarez Borrego *et al.*, 1978).

FITOPLANCTON Y PRODUCCION PRIMARIA

Gilbert y Allen (1943) caracterizan esta área por la presencia de un gran número de *Asterionella japonica*. Round (1967) reporta inmensas floraciones de *Coscinodiscus aureatus*, *C. Asterophalus* y *Stephanopyxis palmeriana*. Gilmartin y Revelante (1978) reportan para el **verano de** 1972, la dominancia de *Hemiaulus hauckii*. En cuanto a la abundancia, Zeitzschel (1970) da valores entre 270,000 y 760,000 **cel/l**. Gárate **Lizárraga** (1988) reporta densidades desde 13,400 hasta 475,000 **cel/l** para la misma época pero de 1986. Gilbert y Allen (1943) **registraron** densidades de 10,000 a 100,000 **cel/l** para el Otoño de 1940 mientras que Valero Gamboa (1981) reporta 100,000 a **1,500,000 cel/l**. Es pues evidente, que la magnitud de los cambios de la abundancia en esta zona es grande tanto en el espacio como en el tiempo. La influencia de las zonas lagunares es también importante como lo señalan Gilmartin y Revelante (1978) que reportan que las lagunas exportan poblaciones **fitoplanctónicas** a las

aguas adyacentes y que además, modifican el medio permitiendo el desarrollo y crecimiento de éstas poblaciones.

La productividad primaria fue medida por primera vez por Zeitzschel (1969) en 4 estaciones del **área** y reporta valores de 21.4 a 42.7 **gC m⁻³ dfa⁻¹** y de 0.37 a 0.60 **gC m⁻² dfa⁻¹** al integrarse en la zona **fótica** para Diciembre de 1968. Posteriormente no fue hasta la década de los 80's cuando el grupo de plancton del Centro de Investigación Científica y Estudios Superiores de Ensenada (**CICÉSE**) inició un estudio del efecto del fenómeno El Niño 1982-83 en la producción primaria y reportan valores de (todos en **gC m⁻² d⁻¹**): 1.86 para Diciembre de 1981, de 1.35 a 4.37 para Junio de 1982 (Gaxiola Castro y Alvarez Borrego, 1986); de 1.95 a 4.45 para Marzo de 1983 y de 1.43 a 4.83 para Octubre de 1983 (Valdez **Holguín** y Lara Lara, 1987); de 0.29 a 0.41 para Noviembre de 1984 (**Bazán** Guzmán, 1990); de 0.41 a 0.82 para Marzo-Abril de 1985 (Lara Osorio y Lara Lara, en prep.) y de 0.49 a 0.61 para Diciembre de 1986 (**Martínez** Gaxiola y Lara Lara, en prep.). Alvarez Borrego y Lara Lara (en prensa) en su reciente revisión de la **producción** primaria del Golfo de California concluyen que a pesar de que la producción por unidad de 'volumen es mayor en la región norteña, la producción integrada es similar en todo el Golfo puesto que la profundidad de la zona **fótica** es mayor en la región sureña.

Desde el punto de vista pesquero, la región central y norte del Golfo de California soportan, en **términos** de biomasa, la **pesquería** más importante del Golfo- la pesquería de la sardina. **Lluch Belda** et al. (1986) muestran 3 picos en la captura de la sardina monterrey (***Sardinops sagax caurelea***) en la región de **Guaymas**: unas 44,000 toneladas en el período 1972-73, 50,000 toneladas para 1975-76 y de 90,000 toneladas **para** 1980-81. Así mismo muestran una captura de 60,000 y 70,000 toneladas para el período 1983-84 tanto para la sardina monterrey como la **crinuda** (***Opisthonema*** spp). Sokolov (1974) estimó una biomasa de unas 200,000 toneladas de sardina monterrey para el Golfo. Recientemente el aumento en la cantidad y la calidad de las embarcaciones parece coincidir con los primeros signos de **sobreexplotación** de las especies (Cisneros Mata et. al., 1987).

Por otro lado, es **también** esta **área** donde se localiza una de las pesquerías más importantes desde el punto de vista **económico**, la pesquería del camarón. Efectivamente las capturas de camarón dentro del Golfo representa el 90% de la captura del Pacífico.

Es pues evidente que la región de estudio representa una serie de características que la hacen atractiva para la **investigación**. Por una parte los cambios en espacio y tiempo de sus

componentes biológicos y **físicos** permiten formular hipótesis acerca de la interacción de estos (Brinton y Townsen, 1980; **Lluch Belda et al.**, 1986; Hammann et al., **1988**), y por otra, la necesidad de obtener datos en forma sistemática y continua que ofrezcan un marco de referencia en el cual las **hipótesis** planteadas se puedan probar, formular otras que complementen a las ya existentes bien, como lo apunta Ripa (**1990**), declararlas muertas y sepultarlas con la promesa de una mejor descendiente.

III. METODOLOGIA

Durante 1987-1988 se realizaron tres cruceros al Golfo de California. Durante el crucero denominado **GOLCA-8709** que comprendió el período del 26 de Agosto al 13 de septiembre se muestrearon 15 estaciones en la región de las grandes islas; 14 estaciones durante el **GOLCA-8711** efectuado del 17 al 27 de Noviembre de 1987 y **12** estaciones en el crucero **GOLCA-8802** del 4 al 22 de Febrero de 1988 en la región central del Golfo. La posición geográfica de las estaciones se dan en el cuadro 1 y la representación gráfica en la figura 1. Las estaciones fueron designadas considerando primeramente el número que concuerda con la estación en el eje paralelo al Golfo, seguidas de un punto y posteriormente, del número que concuerda en el eje perpendicular al Golfo. **Así** por ejemplo, las 3 primeras estaciones del oeste de la Isla Tiburon se les asigna la nomenclatura de 140.40, 140.60 y 140.80 y a las localizadas al sur del **área** de estudio 340.80 y 340.100. Las zonas de muestreo se escogieron considerando que la sardina monterrey presenta un período de engorda en la región de las grandes islas durante los meses de verano y que inicia una migración con fines reproductivos en Octubre y Noviembre, a lo largo de la costa este del Golfo (Wong Rios, 1974; Sokolov, 1974). El numero de estaciones se decidió de acuerdo a la capacidad técnica de la toma de muestras (tiempo de barco) y análisis de **éstas** (tiempo de laboratorio).

En cada una de las estaciones se tomaron muestras discretas a tres profundidades cubriendo prácticamente toda la zona **fótica** (**5,20** y 35 m) con la ayuda de botellas tipo **NISKIN** de 9 litros de capacidad. Este volumen de agua fue filtrado a través de mallas nylon de 200 y 38 μ m. El material orgánico **particulado** fue recuperado sobre filtros tipo Whatman **GF/C**. Los filtros fueron congelados a -20°C hasta su análisis en el laboratorio. La fracción **obtenida** de la malla de 38 μ m es denominada micro ($> 38 \mu\text{m}$ y $< 200 \mu\text{m}$) y la menor de 38 μ m **nano** ($> 2 \mu\text{m}$ y $> 38 \mu\text{m}$). De estas fracciones se hicieron análisis de **proteínas**, carbohidratos y clorofila **a** (fig. 2).

Cuadro 1.- Posición geográfica, fecha, hora de muestreo y profundidad de las estaciones de los cruceros GOLCA-8709, GOLCA-8711 y GOLGA-8802.

GOLCA8709					
ESTACION	LAT. NORTE	LONG. OESTE	FECHA	HORA	PROFUNDIDAD
140.25	29 26.5	113 42.6	2-09-87	11:45	650
140.40	29 32.3	113 25.0	2-09-87	15:15	150
140.60	29 46.5	113 08.5	20-9-87	18:55	176
140.80	29 53.9	112 48.1	10-9-87	21:55	95
160.25	29 09.4	113 32.0	10-9-87	7:45	180
160.60	29 26.3	112 53.9	3-09-87	6:50	135
160.80	29 35.6	112 36.9	3-09-87	9:45	74
180.30	28 54.2	113 15.0	2-09-87	3:35	
180.50	29 04.3	112 54.2	4-09-87	4:05	360
180.70	29 14.3	112 35.4	4-09-87	8:10	147
200.30	28 38.7	113 02.8	1-09-87	23:00	
200.55	28 46.8	112 27.6	4-09-87	4:20	350
220.55	28 22.1	112 27.6	5-09-87	1:50	
220.75	28 32.1	112 27.7	5-09-87	5:00	25
220.35	28 21.3	112 44.1	1-09-87	19:40	200

GOLCA8711					
220.75	28 42.1	112 08.0	20-U-87	13:10	30
240.50	28 12.4	112 21.1	21-11-87	0:00	630
240.70	28 22.1	112 01.4	21-11-87	5:30	95
260.60	27 59.9	112 00.0	21-11-87	20:00	725
260.80	28 10.0	111 40.6	21-11-87	22:45	90
280.55	27 40.1	111 53.7	22-11-87	15:20	1600
280.75	27 50.2	111 34.3	22-11-87	20:00	800
280.90	27 57.5	111 18.9	22-11-87	22:50	315
300.80	27 31.1	111 17.9	23-11-87	22:25	1000
300.100	27 45.4	110 58.7	24-11-87	2:20	500
320.80	27 17.5	111 07.5	25-11-87	18:00	1825
320.100	27 27.9	111 47.6	25-11-87	21:50	980

GOLCA8802					
220.75	24 42.0	112 08.0	15-02-88	3:00	31
240.70	28 22.3	112 01.5	15-02-88	3:45	102
260.60	27 59.9	111 59.9	15-02-88	19:15	800
260.80	28 09.9	111 40.6	15-02-88	22:00	90
280.75	27 50.2	111 34.2	16-02-88	4:15	320
280.90	28 00.7	111 17.9	16-02-88	5:00	242
300.80	27 35.0	111 18.1	16-02-88	18:30	1080
300.100	27 45.6	110 59.2	16-02-88	22:20	480
320.80	27 18.0	111 06.9	17-02-88	7:20	1850
320.100	27 28.7	110 47.7	17-02-88	4:30	1000
340.80	27 01.1	110 55.9	19-02-88	3:00	1695
340.100	27 10.5	110 36.8	19-02-88	3:30	650

DIAGRAMA DE SELECCION
DE MATERIA ORGANICA
PARTICULADA

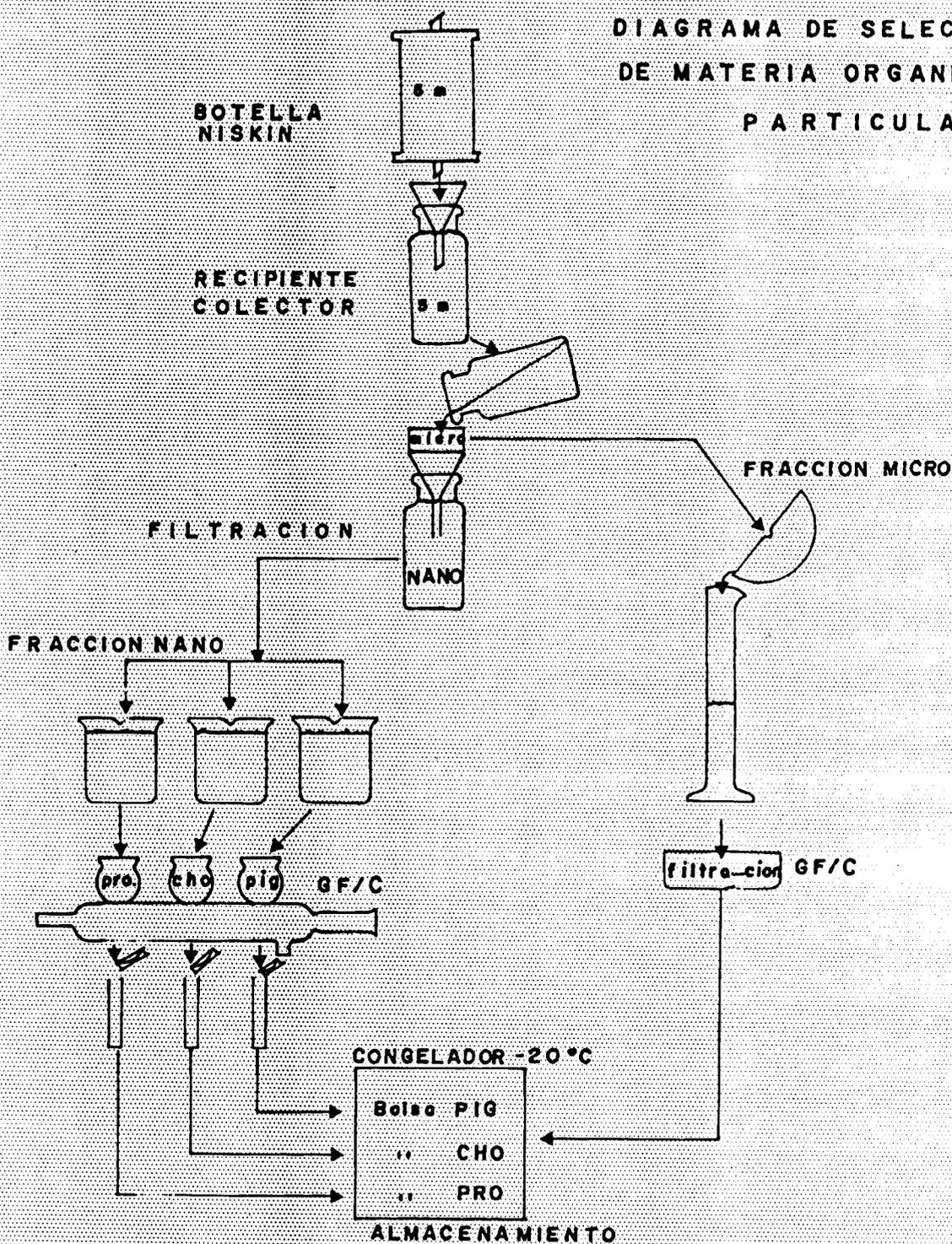


Fig. 2.- Diagrama de separación de las fracciones del material orgánico particulado.

PROTEINAS

Las **proteínas** totales se determinaron por el método de Lowry et al. (1951) modificado por Malara y Charra (1972a). El método se basa en la reacción de una solución cúprica con las **proteínas** en un medio alcalino para formar enlaces cromogénicos en la proteína y la posterior reducción del reactivo de **Folin** por la proteína tratada con cobre, que produce un complejo de color azul. Las lecturas de densidad óptica se hicieron a 750 nanómetros en un espectrofotómetro Bausch & Lomb Spectronic 2000. Las concentraciones se reportan en equivalentes de **albúmina** utilizada para la elaboración de la curva patrón. El coeficiente de variación obtenido para cultivos de *Isochrysis galvana* fue de **7.8 %** (Ayala Rocha, 1987), valor muy cercano al determinado según el método original que es del 6 %.

CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos totales se obtuvieron según el método de Dubois et al. (1956) modificado por Malara y Charra (1972b). Este método consiste en la formación de **furfurales** a partir de hexosas en presencia de un ácido mineral fuerte. Este **furfural** y sus derivados se combinan con el fenol para dar un complejo coloreado cuya máxima absorbancia se obtiene a los 490 nanómetros. Para la transformación de las mediciones ópticas a valores de masa se utilizó una curva patrón de glucosa. El coeficiente de variación, de acuerdo al método original, es del 8.7 % aunque es posible disminuirlo hasta el 2.2 % (Ayala Rocha, 1987).

CLOROFILA

La clorofila **a** se **determinó** por el **método** descrito por Jeffrey y Humphrey (1975) que consiste en la extracción de los pigmentos celulares con un solvente orgánico y la posterior lectura de la absorción de estos extractos. La precisión, de acuerdo al **método** original, es de: valor medio $\pm 0.26/n-0.5$, donde **n** es el número de replicas

TEMPERATURA Y SALINIDAD

La temperatura y Salinidad fueron obtenidos con un CSTD por el personal del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) y se encuentran en proceso de publicación por Cervantes Duarte et al.. Las estaciones donde se efectuaron estas mediciones, coinciden con la red señalada en la figura 1 y se consideraron las profundidades de **0, 5, 10, 15, 20, 30** y 50 m durante el crucero GOLCA-8709; 0 m en el **GOLCA-8711** y de **5, 10, 25** y 50 m en el **GOLCA-8802**.

Los datos de **proteínas**, carbohidratos y clorofila **a** utilizados en esta tesis se encuentran compilados en un Atlas (López Cortés et al., en prensa). **Es** importante señalar que los datos de la **estación** 220.35 del 28 de Agosto de 1987 (GOLCA-8709) no se incluyen en este trabajo por haberse muestreado 2 veces, **así** como los de la 240.70 (**5, 20** y 35 m) del **GOLCA-87 II** y 320.100 (5 metros proteínas) del **GOLCA-8802** por considerarlos anormalmente elevados debido, **quizás**, a errores involuntarios en el manejo de las muestras.

CALCULO DE LA **CONTRIBUCION** FITOPLANCTONICA Y NO **FITOPLANCTONICA** A LA CONCENTRACION DE PROTEINAS Y CARBOHIDRATOS.

La contribución fitoplanctónica (CF) y no fitoplanctónica (CNF) a la concentración total del material orgánico **particulado** (MOP) se realizó por el **método** sugerido por Lancelot-Van Beveren (1980). Dicho método consiste en usar el análisis de **regresión** y **correlación** de las variables **bioquímicas** sobre la clorofila **a**. La pendiente de la ecuación representa una estimación de la CF por unidad de clorofila **a** mientras que la intercepción en el eje de las **abcisas** (“Y’s”), representa una estimación de la **contribución** atribuible a la CNF (fig. 3).

Así, luego de obtenidas las constantes de la ecuación de regresión anteriores, el cálculo porcentual de la contribución proteica y de carbohidratos se realizó con las siguientes expresiones:

$$CF = \frac{b \text{ Clor}}{P} * 100 \quad \text{y} \quad CNF = 100 - CF$$

‘Donde: CF = Contribución del fitoplancton (%)

CNF = Contribución del material no **fitoplanctónico** (%)

b = Pendiente de la ecuación de **regresión**

p = Valor medio del parametro **bioquímico** (proteínas o carbohidratos)

Clor = Valor medio de la concentración de clorofila **a**

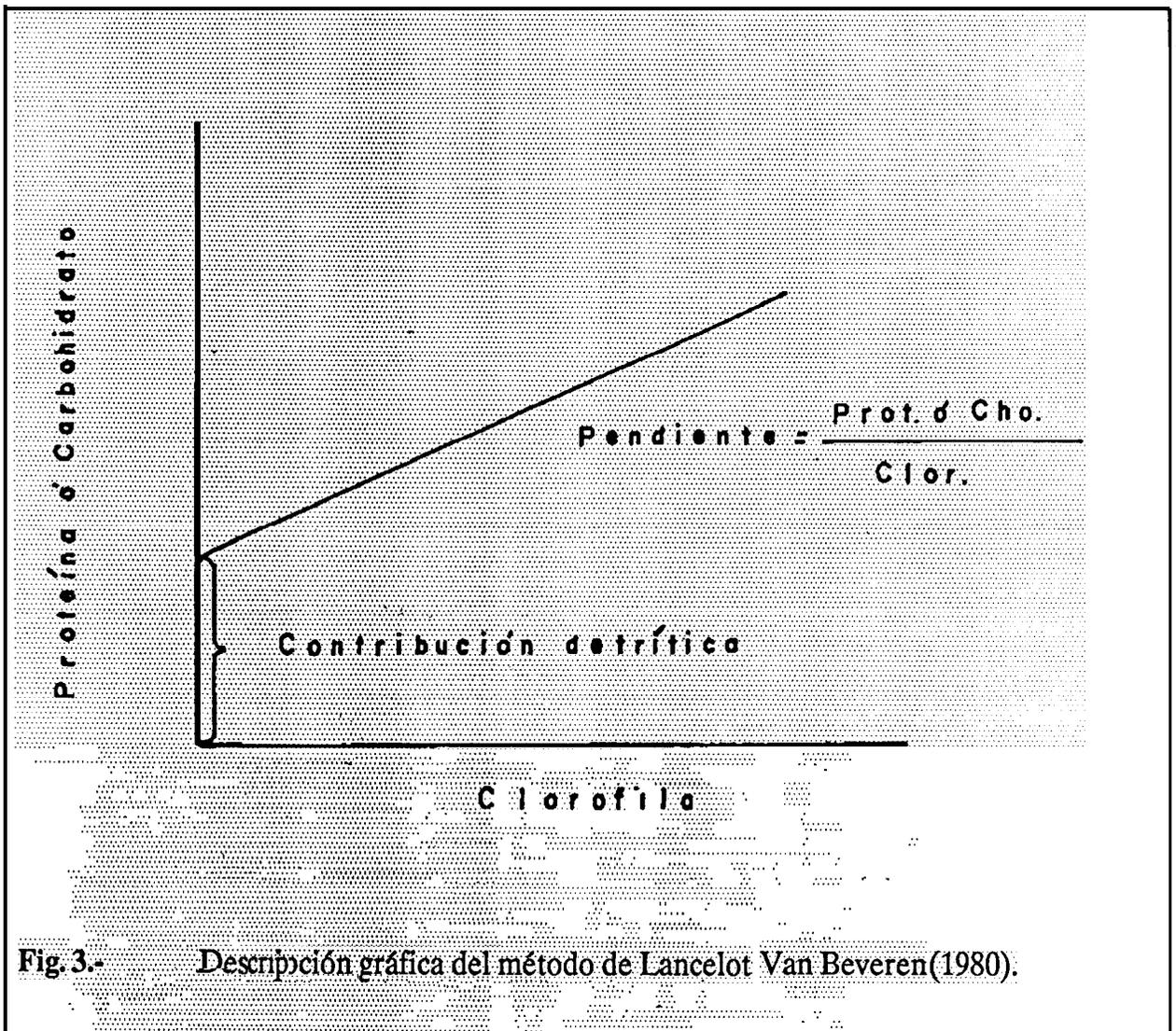


Fig. 3.- Descripción gráfica del método de Lancelot Van Beveren (1980).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A fin de conocer si la profundidad, las tallas 6 una **interacción** de estas, temen un efecto sobre la distribución de la biomasa del material orgánico **particulado**, los datos de cada variable se arreglaron en una matriz de 3 x 2, donde como factor A se incluía la fracción (**nano y micro**) y como factor B la profundidad (5, 20 y 35 m). Esta matriz fue sujeta a un análisis de variancia: experimento factorial de dos factores (Zar, 1984) considerando un nivel de significación de 0.05 en la elección de los valores críticos de la distribución F. Luego de obtenidos los resultados del análisis anterior, donde existieron diferencias significativas de la biomasa, se aplicó un análisis de pruebas de hipótesis sobre las medias utilizando la prueba de tStudent de una cola (Zar, 1984) con un nivel de significación de 0.05. Los datos donde no hubo diferencias significativas, se agruparon y se consideraron como pertenecientes a una misma población estadística con **características** semejantes. Los análisis se realizaron en una microcomputadora con la ayuda del paquete "Statistical Graphic System".

IV. RESULTADOS

IV.1. GOLCA-8709

IV.1.1. Parámetros físicos.

La figura 4 muestra los perfiles de temperatura de los transectos horizontales I, II y III correspondientes a los transectos 140,180 y 220. La temperatura osciló en superficie entre los 28 y 30 grados C, correspondiendo los valores menores al Canal de Ballenas. El primer perfil muestra una columna de agua térmicamente estratificada con cambios graduales de 1 grado C/ 10 m, de superficie a los 50 m. Las isotermas sufren un ligero hundimiento hacia las costas de Sonora. El transecto II muestra una área relativamente homogénea por encima de los 25 m en la zona de Baja California. El hundimiento de las isotermas hacia las costas de Sonora se hace **también más** evidente. En el transecto III, se observa aún claro el efecto de **homogenización** hacia la costa Bajacaliforniana donde la temperatura es menor y la estratificación mayor en la capa inferior a los 20 m. La temperatura a lo largo del Canal de Ballenas e Isla San Lorenzo se muestra en la figura 5. Es clara una estructura **homogénea** por encima de los 20 m en el Canal de Ballenas donde existe un cambio de apenas 1 grado C, de superficie a los 20 m. Por abajo de esta profundidad los cambios de temperatura son mayores creando una termoclina a los 30 - 40 m. En la región del sur del Canal de Ballenas se observa un choque térmico donde las aguas provenientes del Canal, que son 1-2 grados C mas frias, se unen a las de la región del Golfo central. El diagrama T-S enmarca la masa de agua de la región de las grandes islas como agua Tropical superficial (ATS) y agua Ecuatorial superficial (AES) de acuerdo al diagrama de Wyrтки (1967) (Fig. 6). Sin embargo si consideramos que la clasificación de Wyrтки está **dadapara** las aguas del Pacifico Oriental Ecuatorial y que las masas de agua que influyen en el Golfo de California se modifican por los procesos de mezcla y evaporación, entonces este esquema de clasificación sólo se **aplica** parcialmente. Baumgartner et. al. (en **prensa**) considerando lo anterior, señalan que aunque los puntos que se enmarcan como **AES** en el diagrama, esta agua se encuentra **sólo** cerca del Ecuador y limitada al norte por el ATS y por lo tanto debe ser ATS modificada.

En resumen, la región se ve influenciada por ATS con una estratificación clara en toda el **área** aunque en la región de acotamiento de las grandes islas, la estratificación es menor, sobre todo por encima de los 20 m. Es también evidente un frente térmico en la **región** sur de las grandes islas, originado por el choque del agua del Canal de Ballenas y la de la región central del Golfo.

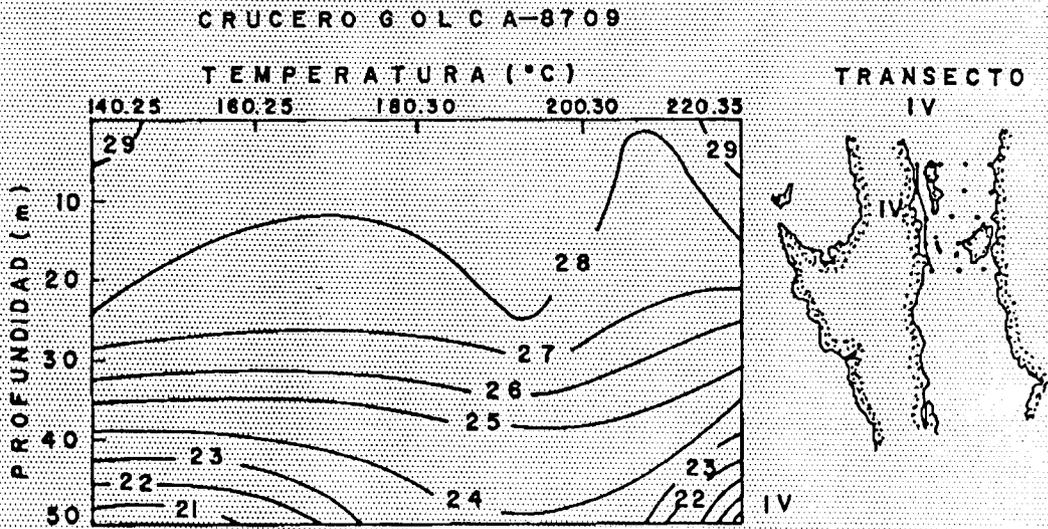


Fig. 5.- Temperatura en área de acotamiento de las grandes islas..

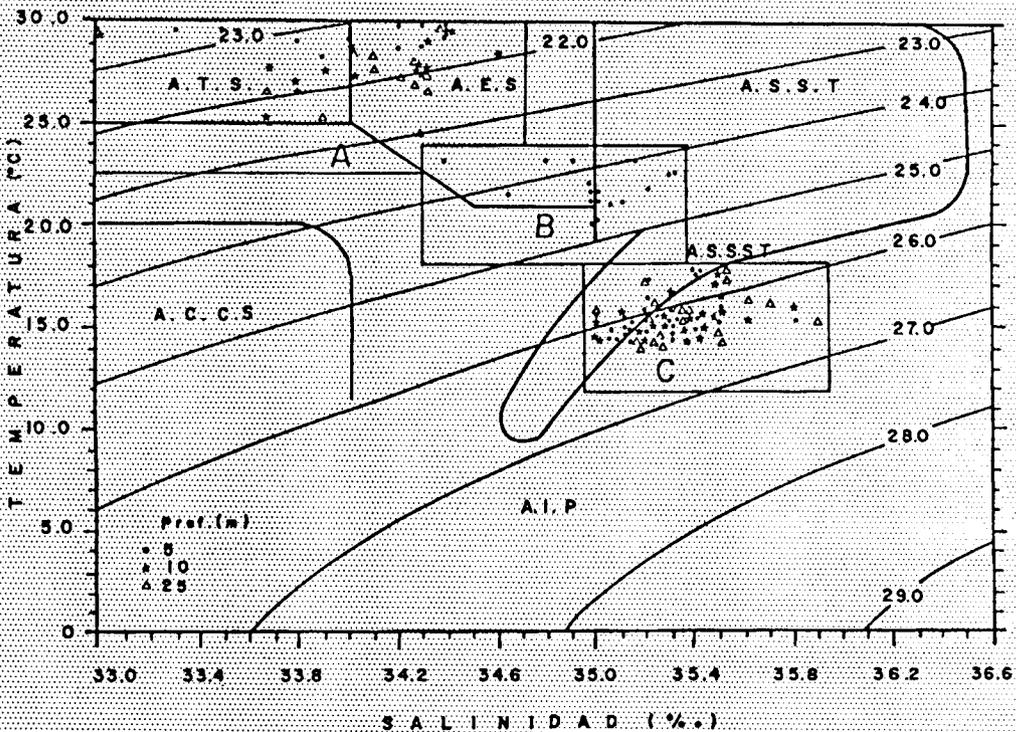


Fig. 6.- Diagrama T-S de los cruceros GOLCA-8709 (A), GOLCA-8711 (B) y GOLCA-8802 (C). ATS = agua Tropical superficial. AES = agua Ecuatorial superficial. ACCS = agua de la Corriente de California superficial. AIP = agua intermedia del Pacifico. ASST = agua superficial Subtropical. ASSST = agua subsuperficial Subtropical.

IV.1.2. FRACCION NANOPARTICULADA

Transecto I.

La concentración de proteínas (Fig. 7a) muestra una tendencia al incremento en los primeros 20 m y hacia la costa Oriental de Baja California con valores de 40 mg m⁻³ en superficie en la costa Sonorense a 70 mg m⁻³ hacia la Bajacaliforniana. A partir de los 20 m el patrón se invierte teniendo valores mayores de proteínas la costa de Sonorense. En el sentido vertical la concentración de proteínas disminuye con la profundidad hasta los 20 m siendo más evidente en la costa de Baja California donde los valores van de 70 a 50 mg m⁻³. Hacia los 35 m los valores se incrementan. Los carbohidratos (Fig. 7b) presentan también un incremento de oeste a este con valores de 40 a 80 mg m⁻³ en superficie y de 30 a 75 mg m⁻³ y de 39 a 65 mg m⁻³ a los 20 y 35 m respectivamente. En el sentido vertical la concentración también disminuye con la profundidad siendo más notorio en la región central de este transecto donde alcanza concentraciones de 25 mg m⁻³. La clorofila ^a (Fig. 7c) sólo se muestreó en las estaciones 140.40 y 140.60 y muestra una homogeneidad tanto en el sentido vertical como horizontal en los primeros 20 m con valores entre 0.1 y 0.2 mg m⁻³. Hacia los 35 m las isolíneas corren paralelas de este a oeste aumentando con la profundidad, y hacia el centro del Golfo. La concentración varía desde 0.1 a 0.9 mg m⁻³.

Transecto II.

La concentración de proteínas (Fig. 8a) presenta dos patrones de distribución bien definidos: El primero que se ubica en el lado de la costa de Sonora en el cual las isolíneas corren paralelas a la costa hasta la región central con una tendencia al aumento de 25 a 55 mg m⁻³ y la segunda en la cual las isolíneas corren perpendiculares a la costa con una tendencia a aumentar de 15 a 80 mg m⁻³ hasta los 20 m y luego a disminuir hacia los 35 m de 80 a 65 mg m⁻³. Los carbohidratos (Fig. 8b) tienden en ambas costas a disminuir hacia el centro del transecto. La región central del transecto muestra una área homogénea entre los 7 y 20 m donde se mantiene un valor de 20 mg m⁻³. La clorofila ^a (Fig. 8c) muestra una tendencia a aumentar con la profundidad sobre la costa de Baja California, y hacia la región de Sonora, una homogeneidad en el sentido vertical y horizontal. La costa oeste continúa presentando valores más elevados, desde 0.4 a 0.9 mg m⁻³ que la costa este.

CRUCERO GOLCA-8709

FRACCION NANO

TRANSECTO I

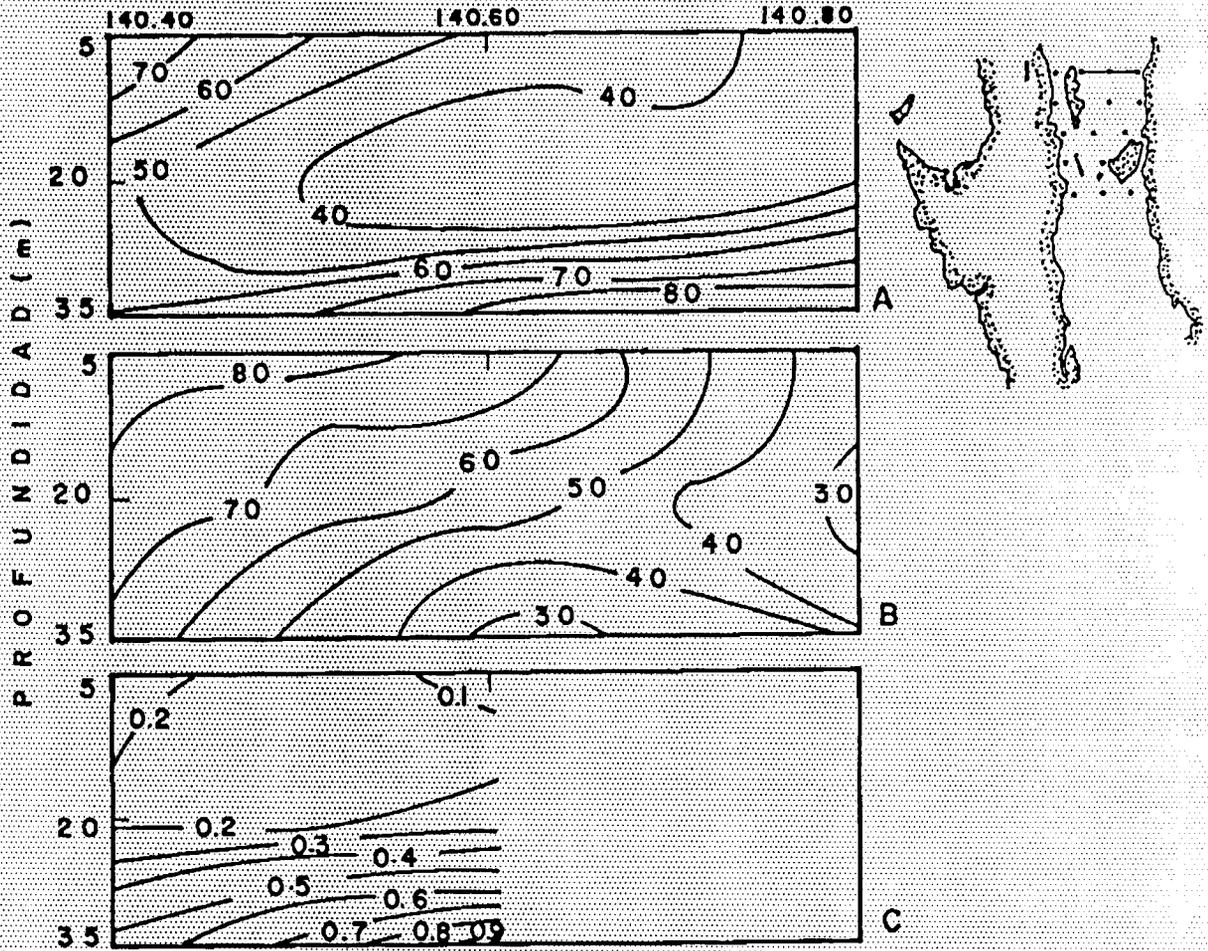


Fig. 7.- Distribución (en mg m⁻³) de las proteínas (A), carbohidratos (B) y clorofila (C) de la fracción nano en el transecto I del crucero GOLCA-8709.

CRUCERO GOLCA-8709
 FRACCIÓN NANO
 TRANSECTO II

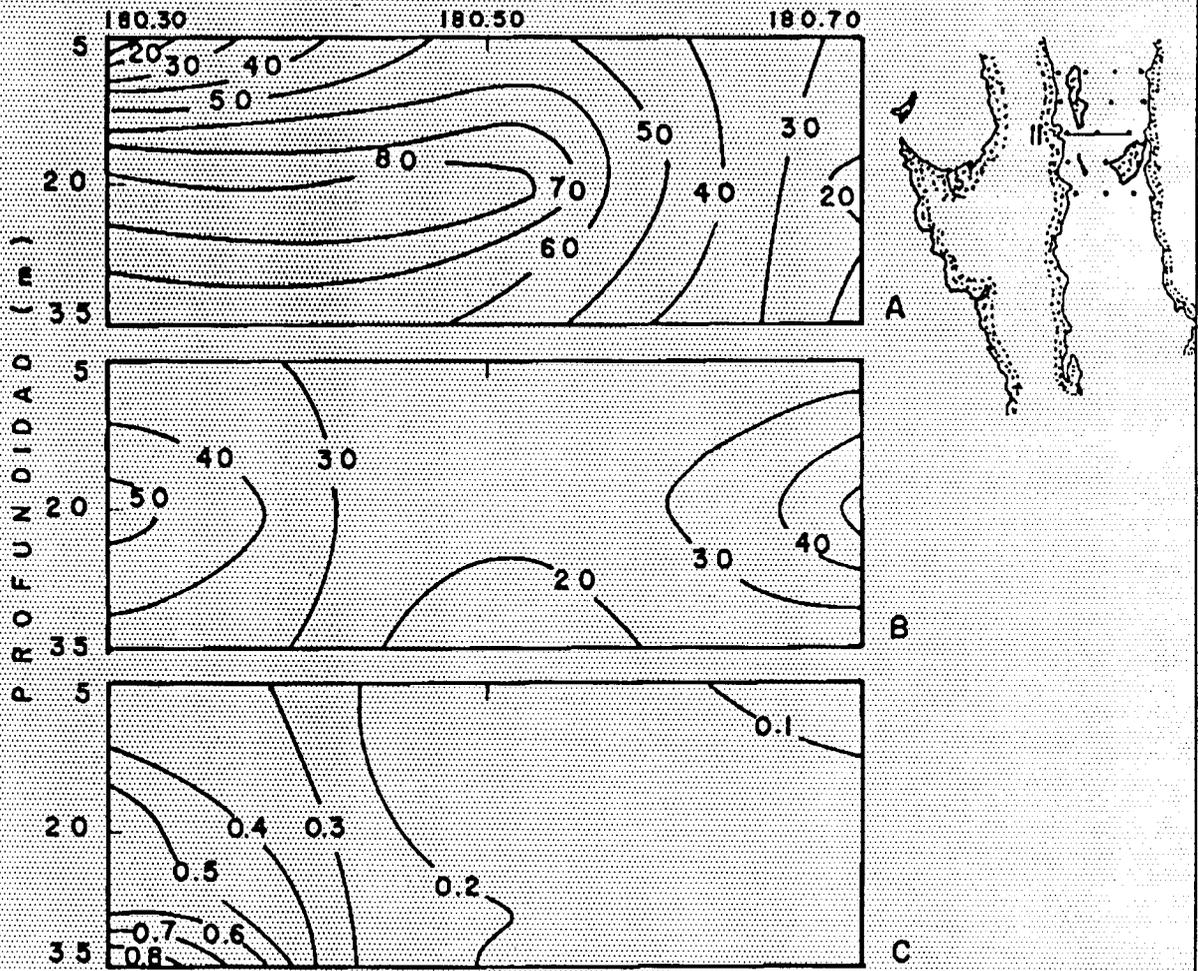


Fig. 8.- Distribución de las proteínas (A), carbohidratos (B) y clorofila (C) de la fracción nano en el transecto II del crucero GOLCA-8709.

Transecto III.

Las proteínas (Fig. 9a) muestran una tendencia a la disminución en su concentración hacia el centro del Golfo desde ambas costas con valores mayores de 150 mg m⁻³ contra 120 de la costa Sonorense. El incremento de la **concentración** es notorio al compararlo con los otros transectos donde los **máximos** valores apenas alcanzan los 100 mg m⁻³ **versus** 165 mg m⁻³ de este transecto. Los carbohidratos (Fig. 9b) tienden a disminuir hacia el centro del transecto y desde la costa Bajacaliforniana con valores de 100 hasta 35 mg m⁻³. En la costa Sonorense, los carbohidratos se mantienen estratificados con la profundidad disminuyendo en forma gradual de 35 a 20 mg m⁻³. Las **máximas** concentraciones **también** se registraron en este transecto. La clorofila **a** (Fig. 9c) al igual que las proteínas muestra una tendencia a aumentar hacia el Canal de Ballenas donde alcanza valores mayores a 1.0 mg m⁻³. En el sentido vertical se observa también una tendencia al aumento en la región central del transecto con valores de 0.2 en superficie hasta 0.6 a los 35 m.

Transecto IV.

La **concentración** de proteínas y carbohidratos a lo largo del área de acotamiento de las grandes islas se muestra en las figuras 10a y 10b. Es clara la menor concentración de las aguas del Canal de Ballenas donde los valores oscilaron entre 15 y 70 mg m⁻³ de proteínas y de 35 a 65 mg m⁻³ de carbohidratos mientras que en la zona de la Isla San Lorenzo-Golfo central presenta valores de hasta 190 mg m⁻³ de proteínas y de 105 mg m⁻³ de carbohidratos. La concentración de clorofila **a** (Fig. 10c) al igual que los carbohidratos y proteínas muestran los valores **máximos** en la **región** del Golfo central con valores mayores a 1.0 mg m⁻³ y una región de choque de valores bajos provenientes del Canal de Ballenas con valores altos provenientes del Golfo central. La concentración en el Canal de Ballenas es estratificada y aumentando con la profundidad con valores desde 0.3 mg m⁻³ en superficie a 1.0-1.1 mg m⁻³ a los 35 m.

En el cuadro II se dan los valores medios y desviación estandar de los valores de proteínas, carbohidratos y clorofila **a** de la fracción **nano**.

En **síntesis**, la concentración de clorofila **a** muestra una tendencia al aumento con la profundidad mientras que las proteínas y los carbohidratos, no presentan un patrón definido de distribución. Esto **último** es particularmente evidente para los carbohidratos. Los valores máximos de los descriptores se presentan en la región de acotamiento de las grandes islas y hacia el sur de esta región.

CRUCERO GOLCA-8709

FRACCION NANO

TRANSECTO III

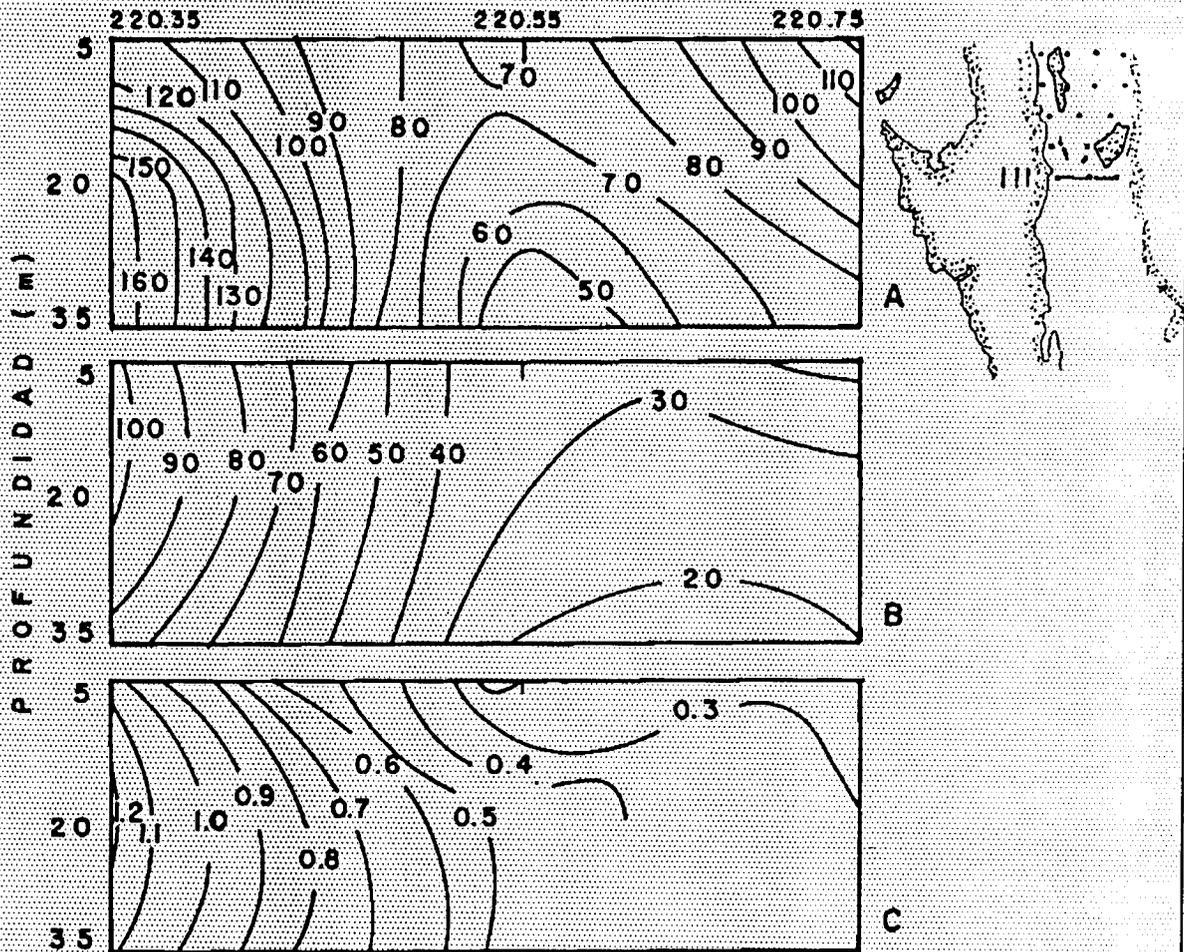


Fig. 9.- Distribución (en mg m⁻³) de las proteínas (A), carbohidratos (B) y clorofila (C) de la fracción nano en el transecto III del crucero GOLCA-8709.

CRUCERO GOLCA-8709
 FRACCION NANO
 TRANSECTO IV

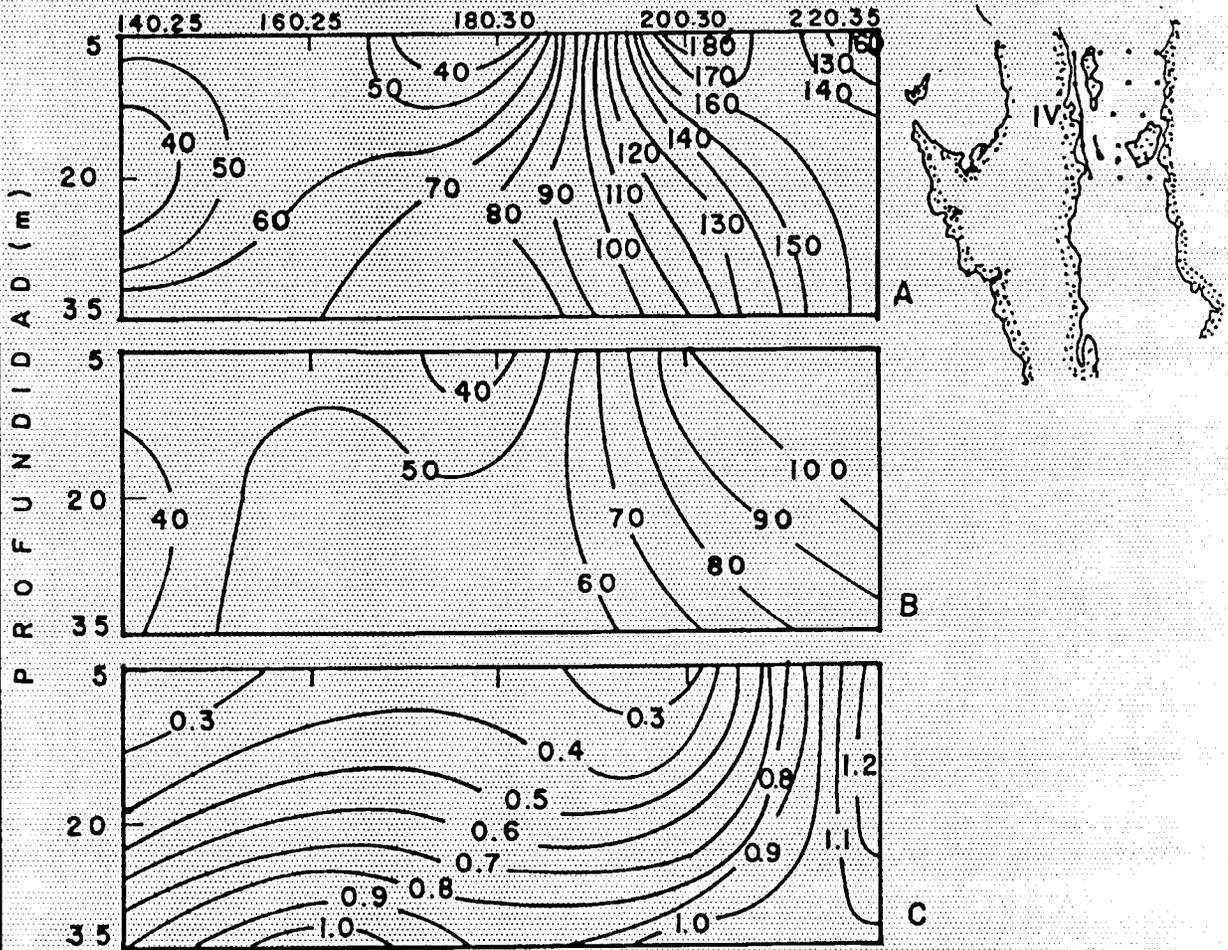


Fig. 10.- Distribución (en mg m⁻³) de las proteínas (A), carbohidratos (B) y clorofila (C) de la fracción nano en el área de acotamiento de las grandes islas.

Cuadro II.- Valores medios y desviación estandar () de la concentración de proteínas, carbohidratos y clorofila para las tres campañas oceanográficas.

GOLCA8709			
FRACCION NANOPARTICULADA (mg m ⁻³)			
	PROTEINAS	CARBOHIDRATOS	CLOROFILA
5 metros	62.56 (37.6)	46.2 (22.6)	0.31 (0.26)
20 metros	62.56 (37.6)	46.2 (22.6)	0.31 (0.26)
35 metros	62.56 (37.6)	46.2 (22.6)	0.67 (0.35)
FRACCION MICROPARTICULADA (mg m ⁻³)			
5 metros	14.01 (18.31)	19.70 (15.7)	0.07 (0.09)
20 metros	14.01 (18.31)	19.70 (15.7)	0.07 (0.09)
35 metros	14.01 (18.31)	19.70 (15.7)	0.07 (0.09)
GOLCA8711			
FRACCION NANOPARTICULADA (mg m ⁻³)			
5 metros	104.1 (8.3)	54.8 (5.6)	1.44 (0.20)
20 metros	104.1 (8.3)	54.8 (5.6)	1.44 (0.20)
35 metros	104.1 (8.3)	54.8 (5.6)	1.44 (0.20)
FRACCION MICROPARTICULADA (mg m ⁻³)			
5 metros	47.0 (23.7)	34.7 (6.0)	0.88 (0.20)
20 metros	47.0 (23.7)	34.7 (6.0)	0.88 (0.20)
35 metros	28.4 (17.4)	34.7 (6.0)	0.88 (0.20)
GOLCA8802			
FRACCION NANOPARTICULADA (mg m ⁻³)			
5 metros	102.9 (25.2)	41.9 (5.7)	1.48 (0.45)
20 metros	62.1 (10.9)	41.9 (5.7)	1.48 (0.45)
35 metros	38.9 (10.3)	41.9 (5.7)	0.73 (0.26)
FRACCION MICROPARTICULADO (mg m ⁻³)			
5 metros	30.8 (5.2)	19.5 (2.8)	0.91 (0.80)
20 metros	30.8 (5.2)	19.5 (2.8)	0.51 (0.20)
35 metros	7.0 (3.3)	9.7 (2.2)	0.51 (0.20)

IV.1.3. FRACCION MICROPARTICULADA

Transecto 1.

La concentración de proteínas (Fig. 11a) muestra densidades menores a los 10 mg m⁻³ en todo el transecto y con la tendencia a crecer hacia la costa Bajacaliforniana. En el sentido vertical, la región centro-oeste muestra una clara homogeneidad, mientras que en la costa de Sonora la **proteína** aumenta a partir de los 20 m de 1.0 mg m⁻³ hasta los 11 mg m⁻³. Los Carbohidratos (Fig. 11b) muestran concentraciones relativamente elevadas entre 10 y 65 mg m⁻³ con la misma tendencia en el sentido horizontal que las proteínas, incrementándose de 10 mg m⁻³ a 45 mg m⁻³ en superficie. En el sentido vertical la concentración es en general homogénea. La concentración de clorofila **a** (Fig. 11c) de este transecto **sólo** fue obtenida en la estación central y oeste del Golfo y muestra valores menores de 0.1 mg m⁻³.

Transecto II.

En este transecto la concentración de proteínas (Fig. 12a) aumenta a valores de hasta 20 mg m⁻³ siendo evidentes las mayores concentraciones en la región del Canal de Ballenas. En el área del este del Golfo la concentración fue 5 mg m⁻³. Los carbohidratos (Fig. 12b) muestran la misma tendencia de aumentar hacia el oeste de 5 a 30 mg m⁻³. La costa Sonorense continua con las concentraciones más bajas (menores a 5 mg m⁻³). La clorofila **a** en este transecto estuvo **prácticamente** ausente con valores menores a 0.1 mg m⁻³ (Fig. 12c).

Transecto III.

La **proteína** (Fig. 13a) en este transecto muestra concentraciones mayores que los anteriores alcanzando valores de hasta 45 mg m⁻³ en la costa de Baja California. El patrón de distribución, en general persiste: Bajas concentraciones hacia la costa Sonorense y las isóneas corriendo en forma **más** 6 menos paralelas a la costa y manteniéndose con la profundidad. Los Carbohidratos (Fig. 13b) al igual que las proteínas muestran el patrón observado para las proteínas. La clorofila **a** **también** es alta y alcanza valores de hasta 0.3 mg m⁻³ siguiendo en general, el patrón de las proteínas (Fig. 13c).

Transecto IV.

El área de acotamiento de la Isla Angel de la Guarda muestra valores bajos en proteínas (Fig. 14 a) en comparación de la zona de Isla San Lorenzo donde se forma un núcleo de 45 mg m⁻³ a los 20 m. La área de choque se encuentra bien marcada. Los carbohidratos (Fig. 14b)

CRUCERO GOLCA-8709

FRACCION MICRO

TRANSECTO I

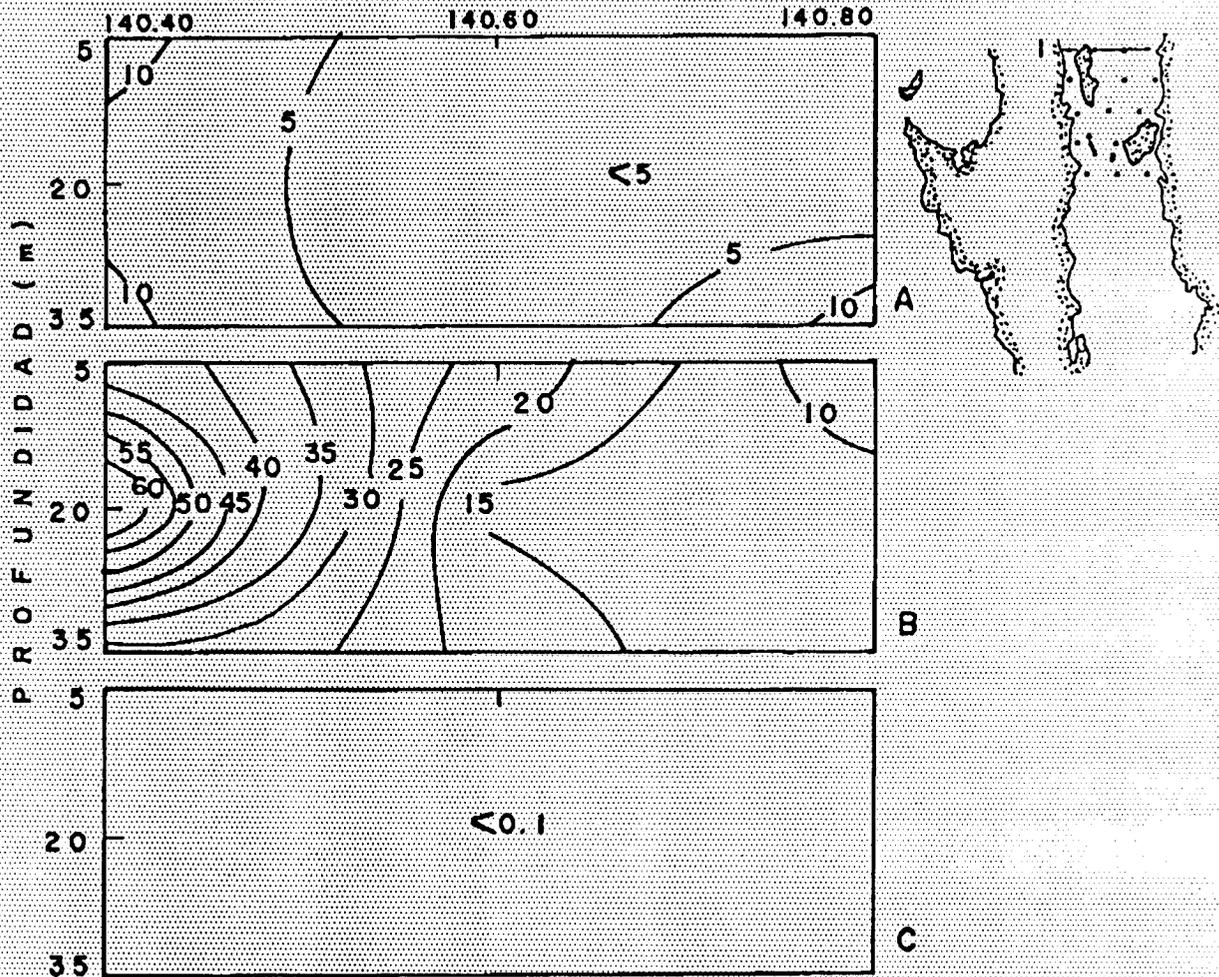


Fig. 11.- Distribución (en mg m^{-3}) de las proteínas (A), carbohidratos (B) y clorofila (C) de la fracción micro en el transecto I del crucero GOLCA-8709.

CRUCERO GOLCA-8709
 FRACCION: MICRO
 TRANSECTO II

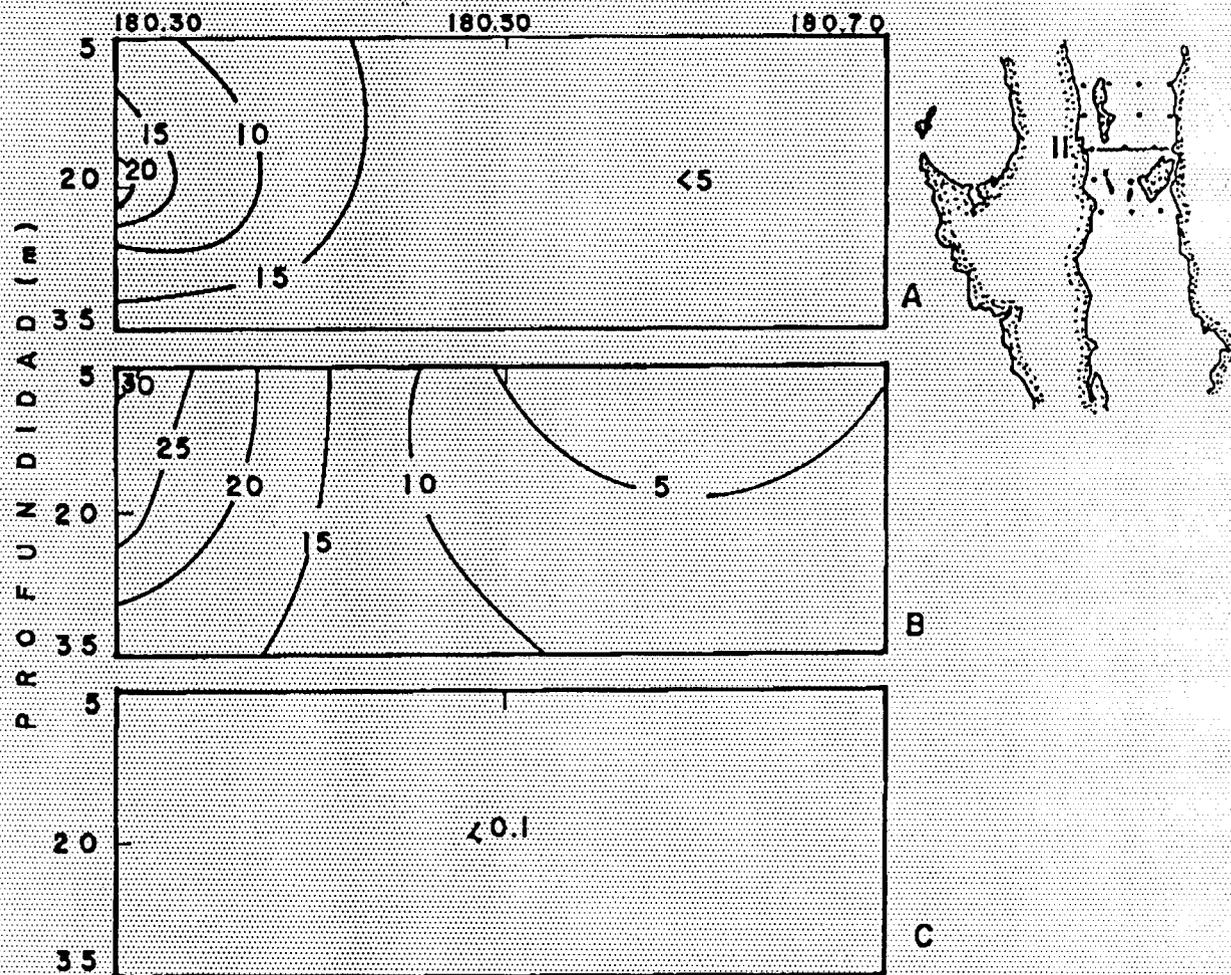


Fig. 12.- Distribución (en mg m⁻³) de las proteínas (A), carbohidratos (B) y clorofila (C) de la fracción micro en el transecto II del crucero GOLCA-8709.

CRUCERO GOLCA-8709

FRACCION MICRO

TRANSECTO III

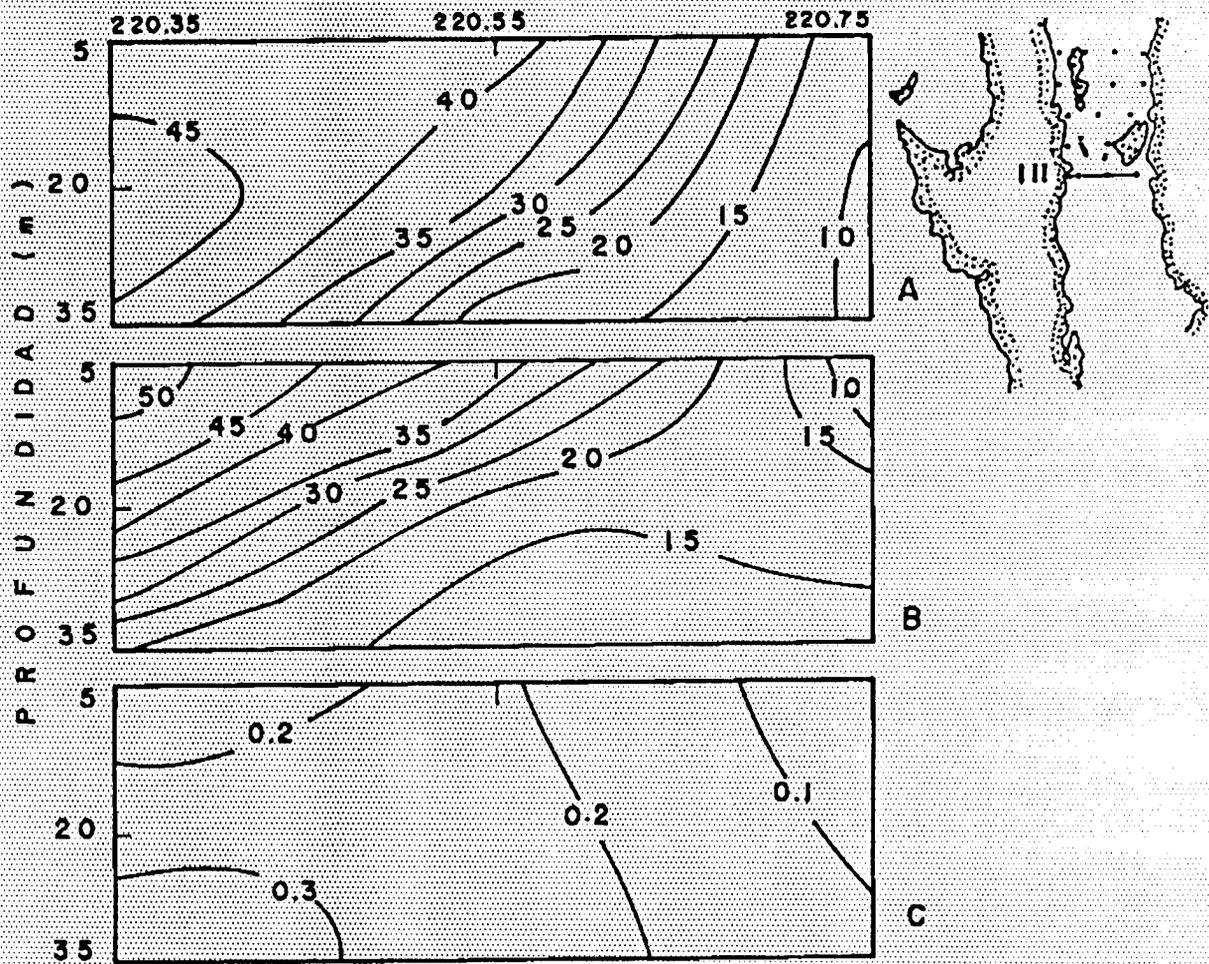


fig. 13.- Distribución (en mg m⁻³) de las proteínas (A), carbohidratos (B) y clorofila (C) de la fracción micro en el transecto III del crucero GOLCA-8709.

muestran una tendencia al incremento de norte a sur con valores de 10 mg m⁻³ a 50 mg m⁻³ en superficie. La clorofila *a* (Fig. 14c) en este transecto fue baja particularmente en la región del Canal de Ballenas donde alcanza valores menores de 0.1 mg m⁻³. Las isolíneas van paralelas decreciendo en el sentido vertical y aumentando de norte a sur.

En el cuadro II se dan los valores medios de la concentración de proteínas, carbohidratos y clorofila *a* por profundidades para la fracción microparticulada.

En **síntesis**, la concentración de la biomasa microparticulada es baja con una tendencia a acumularse, al igual que la fracción nanoparticulada, hacia Isla San Lorenzo.

IV.1.4. ANALISIS ESTADISTICO.

El análisis **estadístico** de variancia factorial señala que tanto los carbohidratos como la proteína no **varían** significativamente con la profundidad pero sí con las fracciones. La concentración de clorofila *a* si mostró un efecto tanto de profundidad como de fracción (Cuadro III). El análisis de variancia sobre la igualdad de medias para este parámetro, muestra que la concentración de **5 y 20 m** no son estadísticamente diferentes pero **sí** presenta diferencia con la de los 35 m. El resumen de los resultados se muestra en el cuadro IV.

IV.2. GOLCA-8711

IV.2.1. Parámetros físicos.

Para este crucero, se obtuvo únicamente la temperatura superficial la cual se muestra en la figura 15. La temperatura durante este periodo muestra una estructura en forma de meandros con valores entre 20 y 23 grados C, siendo la costa Bajacaliforniana la que **presentó** los valores mas elevados en 1-2 grados C. El agua con temperaturas menores a los 21.5 grados C se encuentra predominantemente en la zona norte y hacia la costa Sonorense. El valor medio de la temperatura fue de 21.4 grados C. El diagrama T-S (Fig. 6) enmarca el agua como agua del Golfo y agua Ecuatorial superficial que de acuerdo a Baumgartner et al (en prensa) es agua subtropical subsuperficial modificada.

CRUCERO GOLCA-8709
 FRACCION MICRO
 TRANSECTO IV

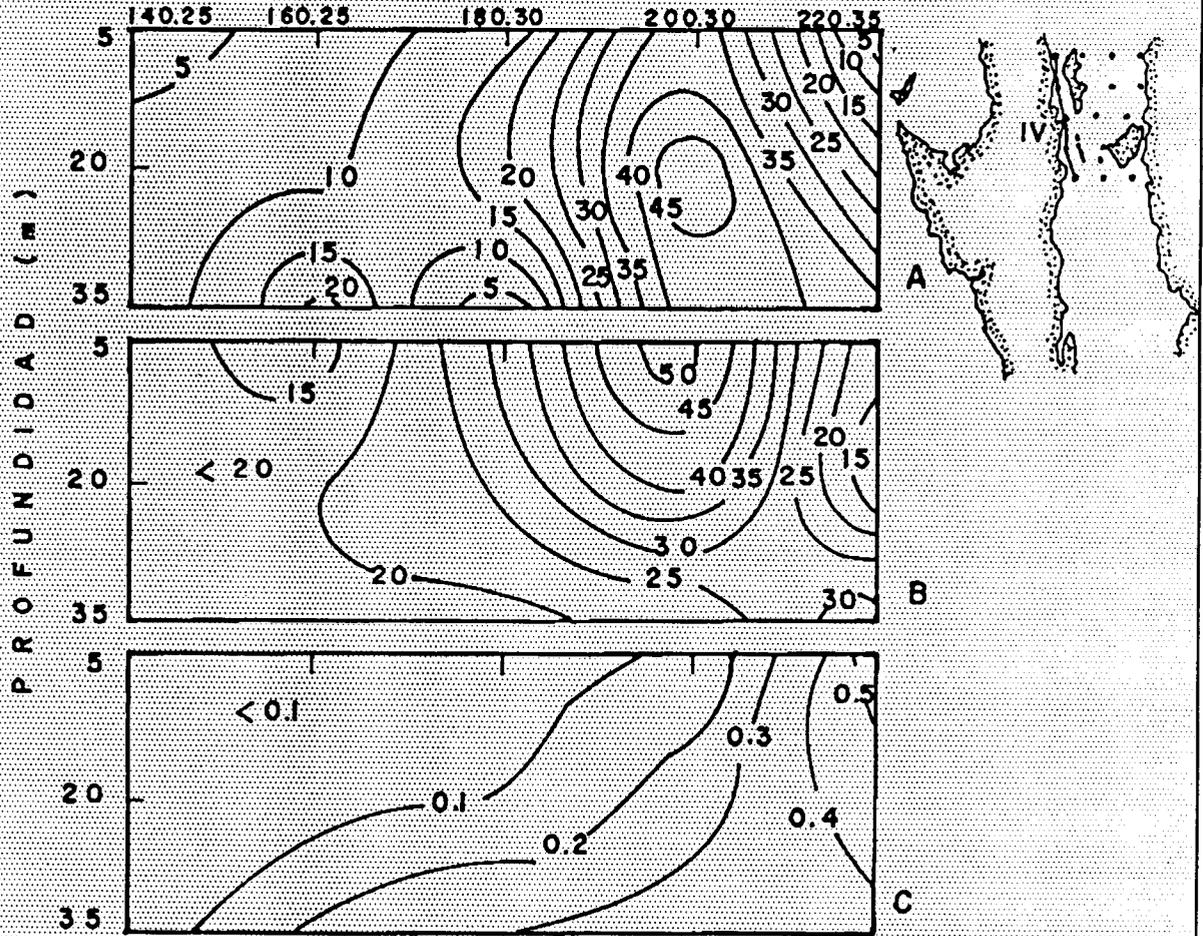


Fig. 14.- Distribución (en mg m⁻³) de las proteínas (A), carbohidratos (B) y clorofila (C) en el área de acotamiento de las grandes islas.

Cuadro III.- Resultado del análisis de variancia: experimento factorial de los datos del cruce GOLCA-8709.

PROTEINAS				
Factor	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadr. medio	R.V.
A	48048.9	1	48048.9	36.3
B	52.2	2	26.1	0.02
AB	611.5	2	305.7	0.23
Tratamientos	48712.7	5		
Residual	87137.5	66	471.1	
Total	135850.3	71		

CARBOHIDRATOS				
Factor	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadr. medio	R.V.
A	17035.4	1	17035.4	36.1
B	1184.5	2	592.2	1.26
AB	331.6	2	156.8	0.33
Tratamientos	18533.7	5		
Residual	31093.9	66	471.1	
Total	49627.6	71		

CLOROFILA				
Factor	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadr. medio	R.V.
A	2.7	1	2.7	37.8
B	0.6	2	0.3	4.3
AB	0.4	2	0.2	2.8
Tratamientos	3.3	5		
Total	8.4	71		

Cuadro IV.- Resumen de los resultados del análisis de variancia: experimento factorial y prueba de hipótesis sobre la igualdad de medias para los cruces analizados en este estudio

ANALISIS ESTADISTICO				
Cruce GOLCA8709				
	PROTEINAS	CARBOHIDRATOS	CLOROFILA	
PROFUNDIDAD	NANO 5 = 20 = 35	5 = 20 = 35	5 = 20 < 35	
	MICRO 5 = 20 = 35	5 = 20 = 35	5 = 20 = 35	
FRACCION	NANO > MICRO		NANO > MICRO	

Cruce GOLCA8711				
	PROTEINAS	CARBOHIDRATOS	CLOROFILA	
PROFUNDIDAD	NANO 5 = 20 = 35	5 = 20 = 35	5 = 20 = 35	
	MICRO 5 = 20 > 35	5 = 20 = 35	5 = 20 = 35	
FRACCION	NANO > MICRO		NANO > MICRO	

Cruce GOLCA8802				
	PROTEINAS	CARBOHIDRATOS	CLOROFILA	
PROFUNDIDAD	NANO 5 > 20 > 35	5 = 20 = 35	5 = 20 > 35	
	MICRO 5 = 20 > 35	5 = 20 > 35	5 > 20 = 35	
FRACCION	NANO > MICRO		NANO > MICRO	

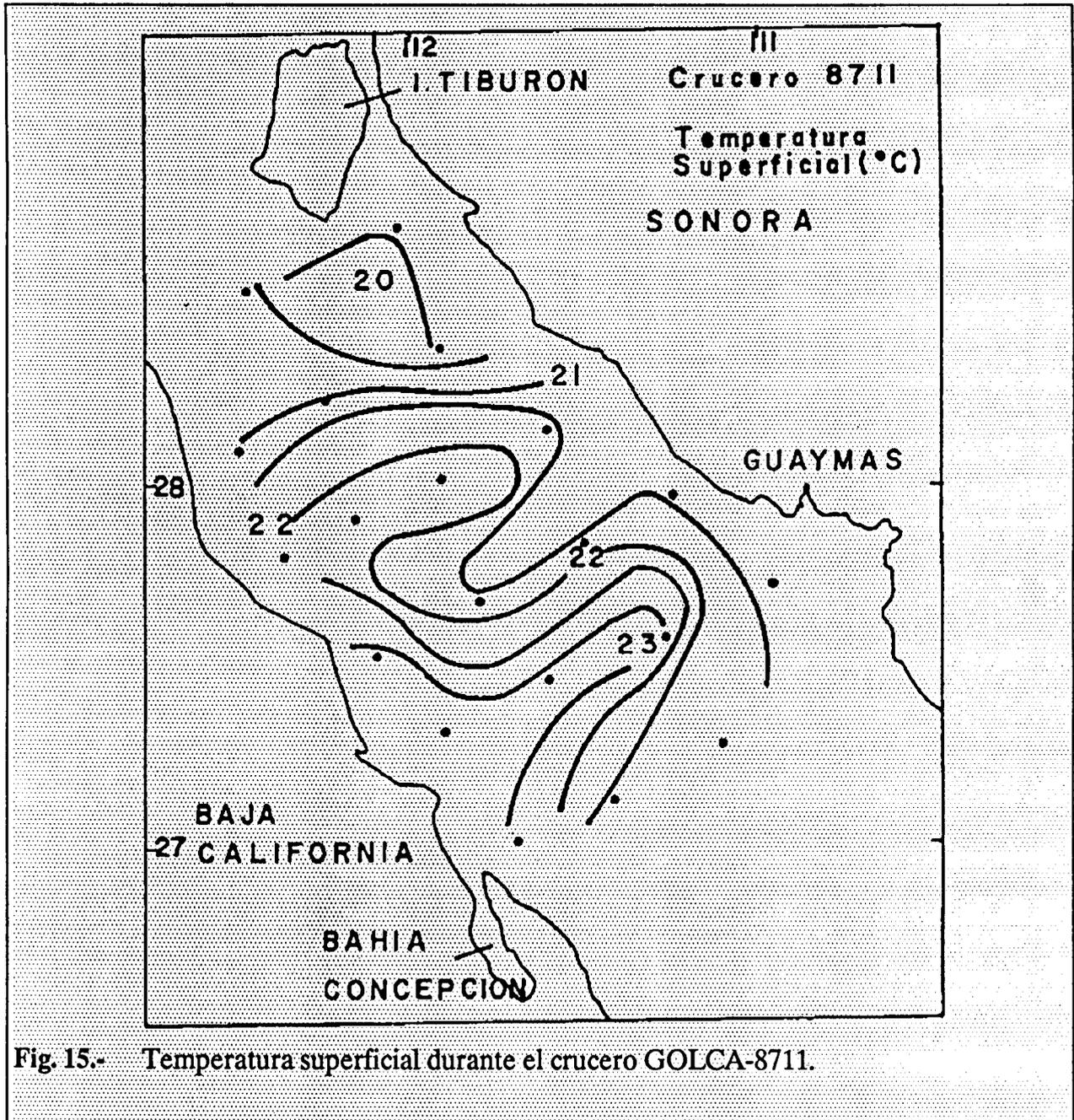


Fig. 15.- Temperatura superficial durante el crucero GOLCA-8711.

IV.2.2. FRACCION NANOPARTICULADA.

Transecto Oceánico.

La concentración de proteínas (Fig. 16a) osciló entre 70 y 120 mg m⁻³. Las isolíneas no marcan un claro patrón de distribución ya que como se observa hacia el norte del transecto la concentración disminuye con la profundidad y hacia el sur, ésta es homogénea. Los car-

CRUCERO GOLCA-8711

FRACCION NANO

TRANSECTO OCEANICO

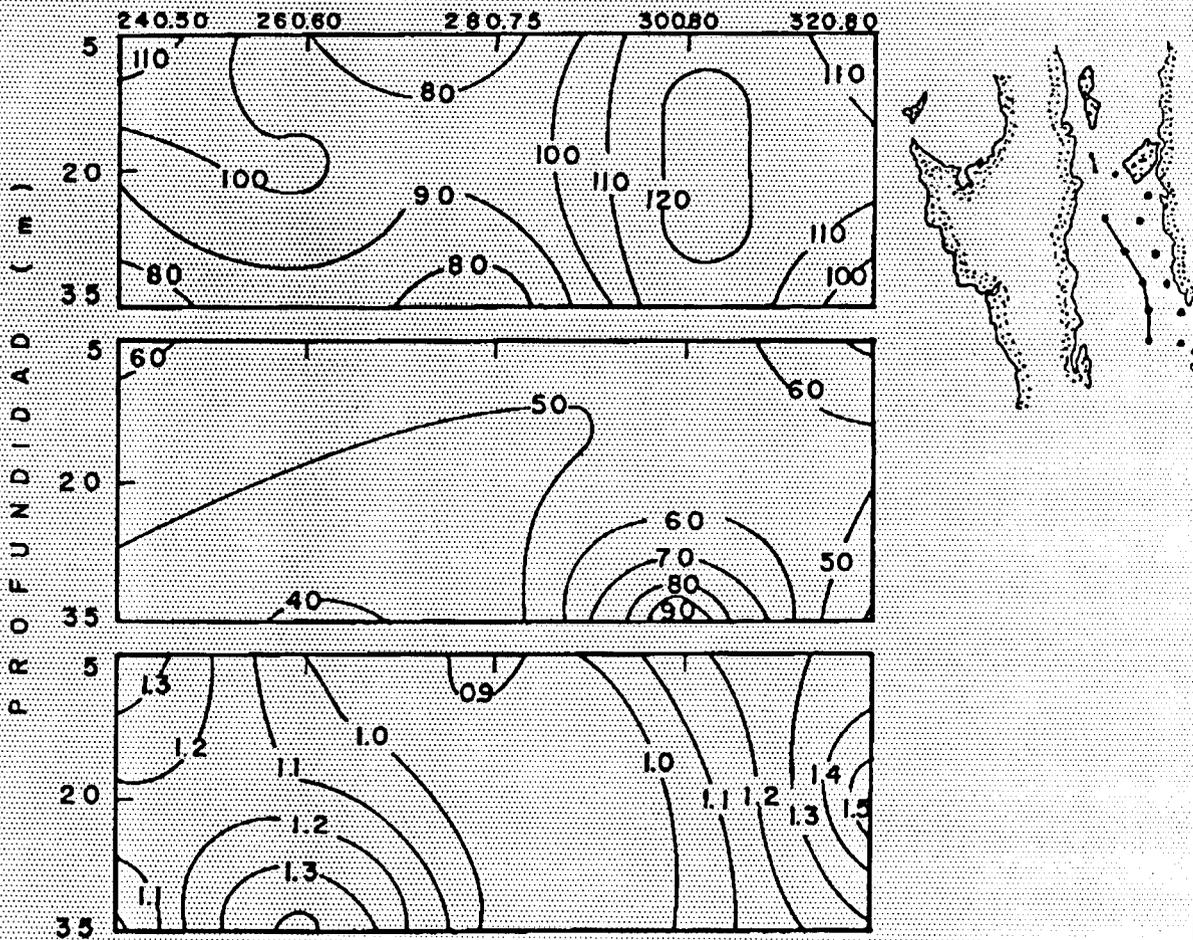


Fig. 16.- Distribución (en mg m⁻³) de las proteínas (A), carbohidratos (B) y clorofila (C) de la fracción nano en el transecto oceánico del crucero GOLCA-8711.

carbohidratos (Fig. 16b), en general presentan valores entre 40 y 60 mg m⁻³ aunque en la estación 300 se observa un **núcleo** hacia los 35 m. La clorofila *a* osciló entre 0.9 y 1.5 mg m⁻³ (Fig. 16c) con valores **más** elevados hacia los extremos del transecto. Al igual que las proteínas, la clorofila *a* se estratifica hacia el norte,

Transecto costero.

Las proteínas (Fig. 17a) en este transecto son mayores que en el oceánico y oscilaron entre los 70 y 180 mg m⁻³. Se observa un núcleo en la estación 320.100, donde alcanza valores de más de 180 mg m⁻³. Contrario al transecto oceánico, la estratificación vertical es en la región del sur, mientras que en el norte la distribución es homogénea con la profundidad. Los carbohidratos (Fig. 17b) presentaron valores entre 50 y 90 mg m⁻³ con las concentraciones mayores hacia la parte sur del transecto. La clorofila *a* (Fig. 17c), con excepción del núcleo máximo que alcanza el valor de 3.15 mg m⁻³, se mantuvo entre 0.7 y 1.8 mg m⁻³ y homogénea con la profundidad.

En el cuadro II se dan los valores medios así como la desviación estandar de la concentración de la biomasa proteica, clorofiliana y de carbohidratos.

Resumiendo lo anterior, tenemos que en la región oceánica no hay un patrón definido de distribución mientras que en la región costera la concentración de la biomasa es menor en el sur y mayor en el norte del transecto con núcleos aislados en la concentración. La mayor concentración es evidente en el transecto costero.

IV.2.3. FRACCION MICROPARTICULARDA.

Transecto oceánico.

Las proteínas (Fig. 18a) así como los carbohidratos (Fig. 18b), muestran núcleos aislados de valores relativamente altos y su distribución no presenta un patrón definido. La clorofila *a* (Fig. 18c) fue homogénea en el sentido vertical y aumentando hacia los extremos del transecto en el sentido horizontal con valores de 0.2 a 0.8-1.0 mg m⁻³.

CRUCERO GOLCA-8711
 FRACCION NANO
 TRANSECTO COSTERO

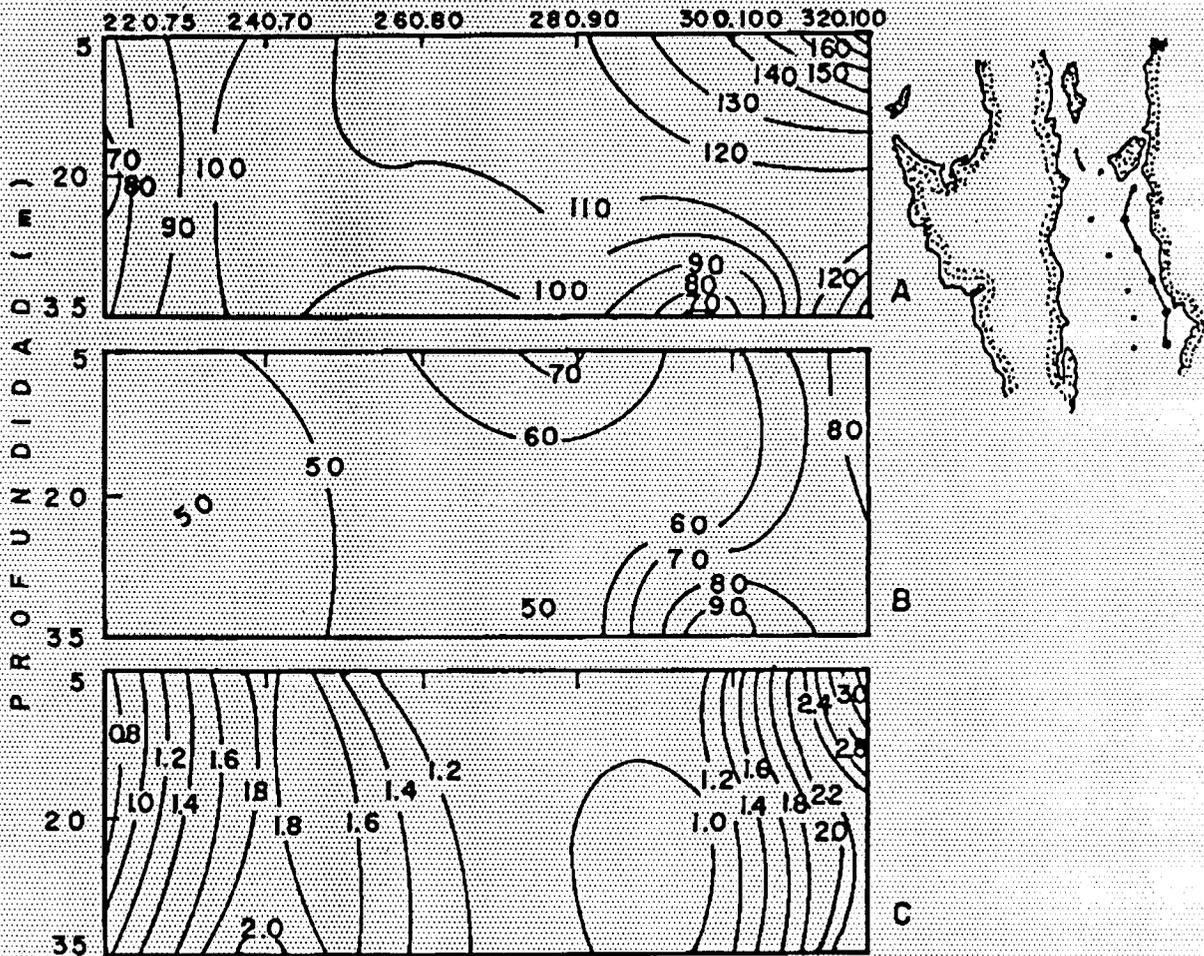


Fig. 17.- Distribución (en mg m⁻³) de la proteínas (A), carbohidratos (B) y clorofila (C) de la fracción nano en el transecto costero del crucero GOLCA-8711.

CRUCERO GOLCA-8711
FRACCION: MICRO
TRANSECTO OCEANICO

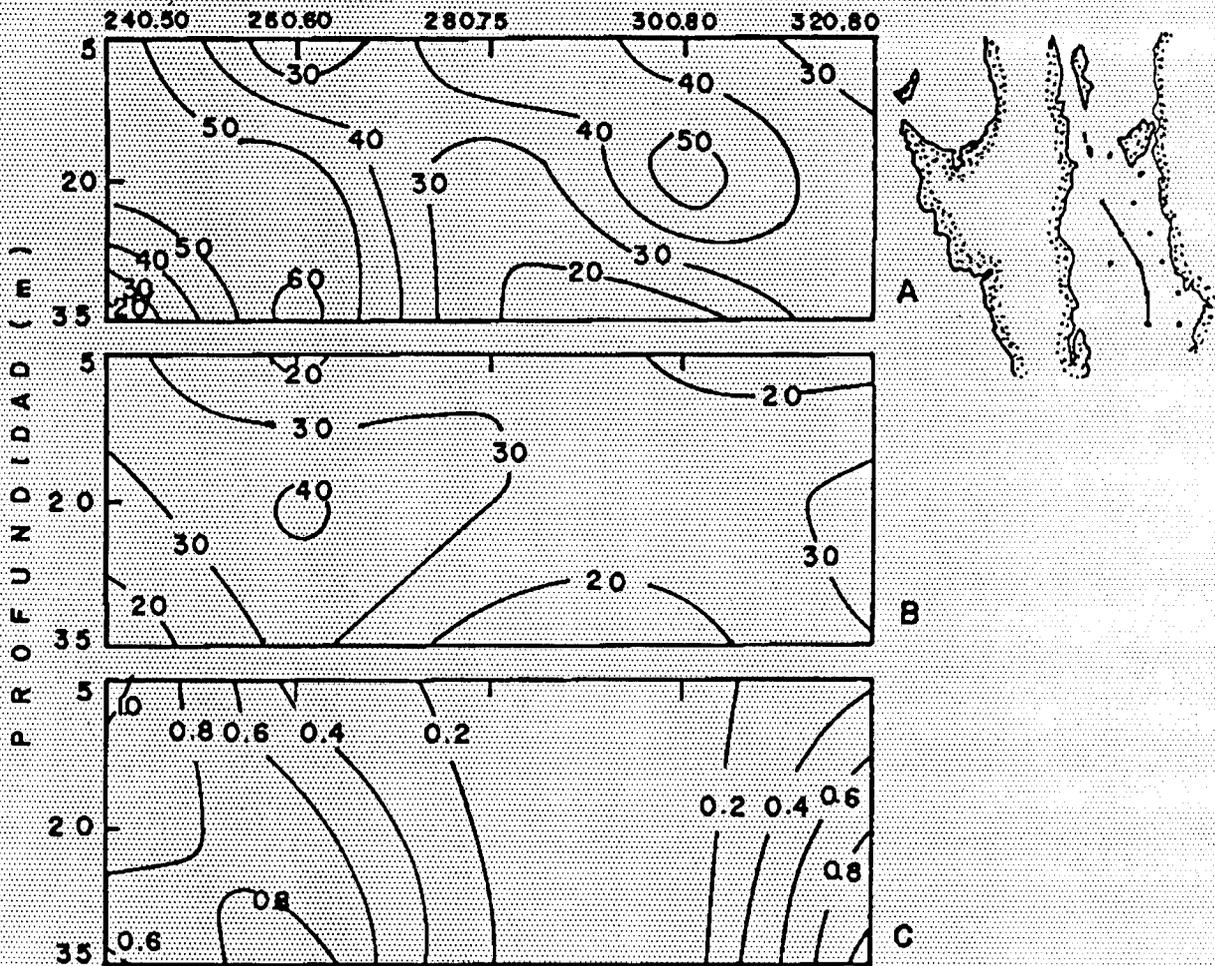


Fig. 18.- Distribución de las proteínas (A), carbohidratos (B) y clorofila (C) de la fracción micro en el transecto oceánico del crucero GOLCA-8711.

CRUCERO GOLCA-8711
 FRACCION: MICRO
 TRANSECTO COSTERO

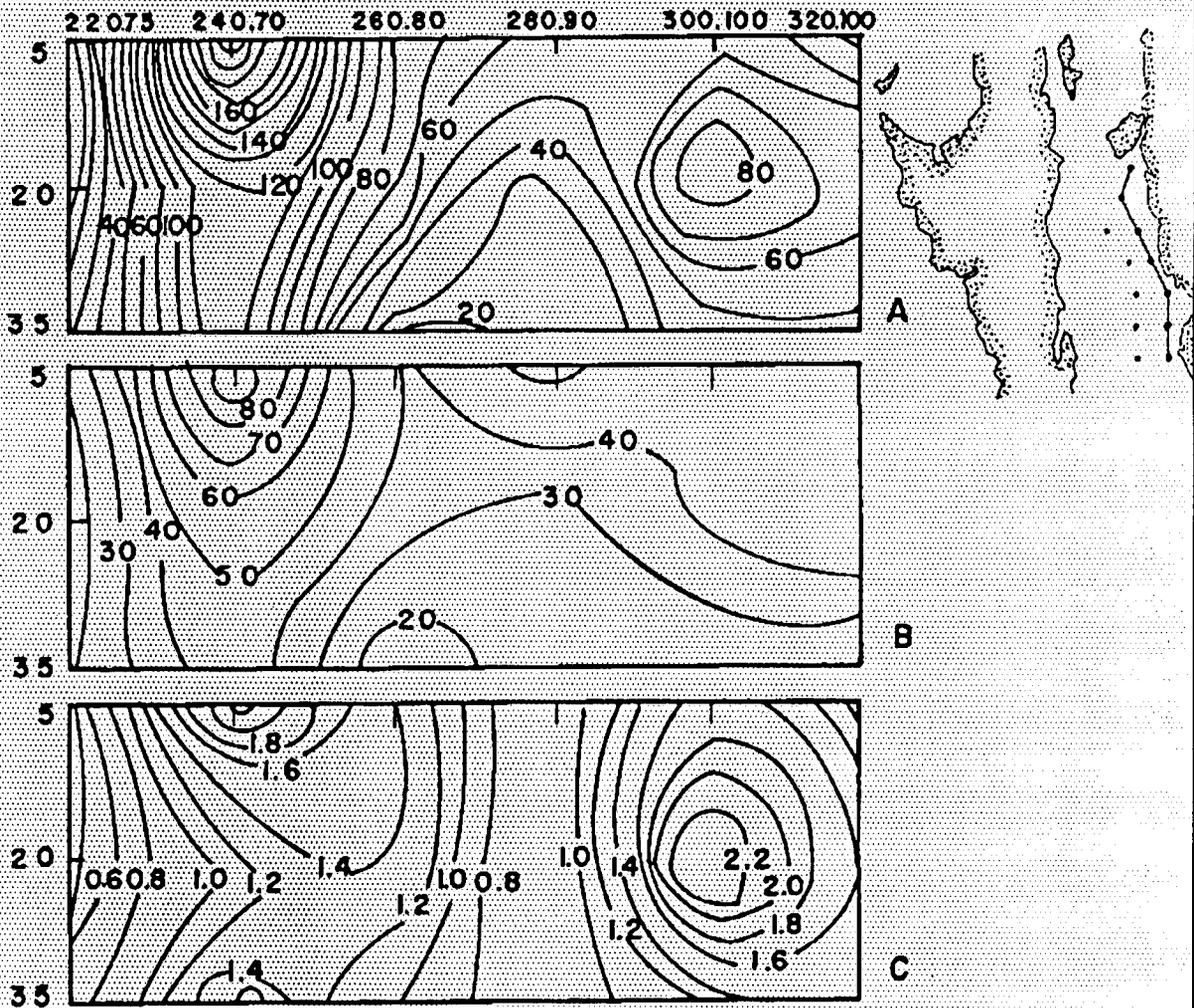


Fig. 19.- Distribución (en mg m⁻³) de las proteínas (A), carbohidratos (B) y clorofila (C) de la fracción micro en el transecto costero del crucero GOLCA-8711.

Transecto Costero.

En este transecto, los 3 indicadores de biomasa presentan un núcleo coincidente en la estación 240.70 y la **proteína** y clorofila **a** (Figs. 19a y 19c) también en la 300.100 a los 20 m. Tanto la proteína como el carbohidrato (Figs. 19a y 19b) presentan una **homogenización** vertical hacia el norte del transecto y hacia el sur, disminuyendo con la profundidad. La clorofila **a** presenta concentraciones altas de hasta 2.2 mg m⁻³ y una tendencia de las isolíneas a mantenerse **con** la profundidad.

En el cuadro II se presentan los valores medios de la concentración de proteínas, carbohidratos y clorofila **a** de la microparticulas.

En síntesis, los indicadores de biomasa presentan núcleos coincidentes y concentraciones mayores en el transecto costero sin una clara tendencia de distribución.

Cuadro V. Resultados del análisis de variancia: experimento factorial para los datos del crucero GOLCA-8711.

PROTEINAS				
Factor	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadr. medio	R.V.
A	55417.6	1	55417.6	97.1
B	4178.5	2	2089.2	3.6
AB	1345.2	2	672.6	1.1
Tratamientos	6094.1	5		
Residual	27394.8	48	570.7	
Total	88336.3	56		
CARBOHIDRATOS				
Factor	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadr. medio	R.V.
A	4973.5	1	4973.5	15.7
B	1925.1	2	962.5	3.0
AB	354.5	2	177.3	0.5
Tratamientos	7253.3	5		
Residual	13227.5	42	314.9	
Total	20480.8	47		
CLOROFILA				
Factor	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadr. medio	R.V.
A	4.8	1	4.8	11.8
B	0.4	2	0.2	0.4
AB	0.1	2	0.09	0.2
Tratamientos	5.4	5		
Residual	19.8	48	0.41	
Total	25.2	53		

IV.2.4. ANALISIS ESTADISTICO

El **análisis estadístico** muestra que existe una **homogenización** de la biomasa **nanoparticulada** y que, en general, lo mismo ocurre con la biomasa microparticulada. La concentración media de las nanoparticuladas continúa siendo significativamente mayor que la de las microparticulas (Cuadro **V**). El resumen de los resultados se muestra en el cuadro IV.

IV.3. GOLCA-8802

IV.3.1. Parámetros físicos.

La temperatura (Figs. 20 y 21) marca claramente una homogeneidad tanto en el sentido vertical como horizontal con cambios de apenas 1.0 grado C de superficie a los 50 m y de 2-3 grados C de norte a sur. El agua, de acuerdo a la temperatura superficial, proviene de la región de las grandes islas donde la temperatura alcanza los 15.8 grados C. La invasión de esta masa de agua es hasta la altura del transecto 240 - 260, donde se hunde y se desplaza hacia la costa de Baja California. Otra estructura que muestran las isothermas son aguas con temperaturas mayores a los 16.0 grados que se encuentra sobre las costas del macizo continental con un aumento de norte a sur de 16 grados C a la altura del transecto 240, a los 17.5 al transecto 360. La figura 22 muestra las características de éstos dos tipos de agua. La temperatura en el sentido vertical se mantiene también **homogénea** con cambios de apenas **1 - 2** grados C de superficie a los **50** m. El diagrama T-S (Fig. 6) enmarca los puntos en el agua correspondiente a la subsuperficial subtropical (ASSST) que de acuerdo a Baumgartner et al (en prensa), esta agua es acarreada hacia la cabecera del Golfo por corrientes a los 200-300 m de profundidad para que luego sea llevada a las capas subsuperficiales por convección, acarreada de nuevo hacia la región central donde, por procesos de surgencias, es llevada a la superficie. Esta agua es referida como agua del Golfo.

En síntesis, la región está influenciada por 2 tipos de agua con características claramente definidas aunque enmarcadas dentro del agua denominada del Golfo. La estructura vertical es térmicamente homogénea.

CRUCERO GOLCA-8802
 TRANSECTOS I, II, y III
 TEMPERATURA (°C)

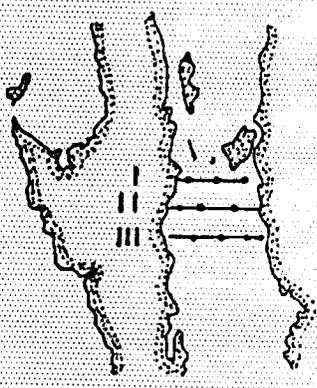
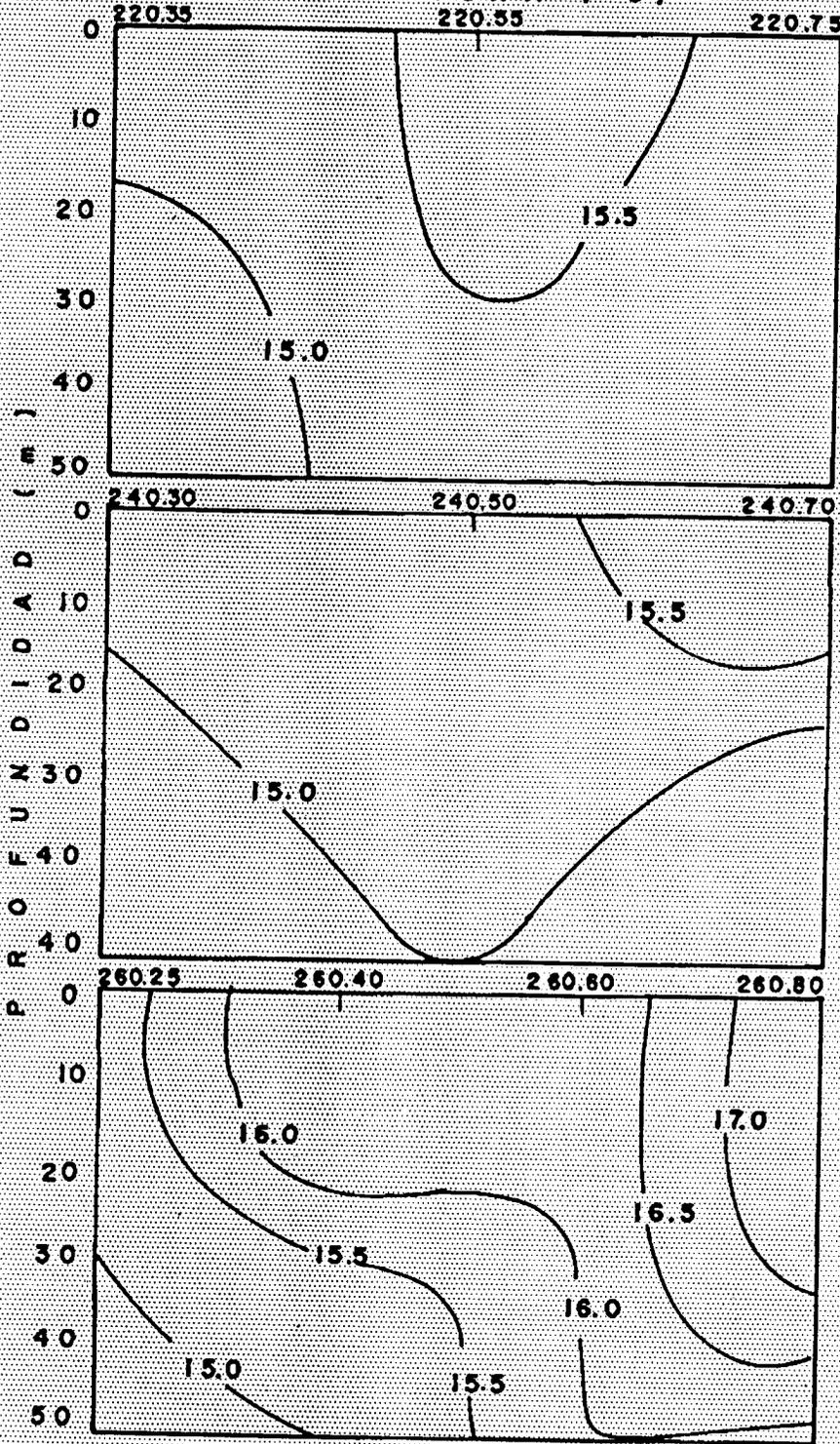


Fig. 20.- Temperatura de los transectos 220 (I), 240 (II) y 260 (III) del crucero GOLCA-8802.

CRUCERO GOLCA-8802
 TRANSECTO IV, V, y VI
 TEMPERATURA (°C)

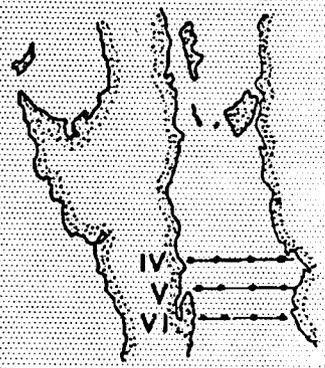
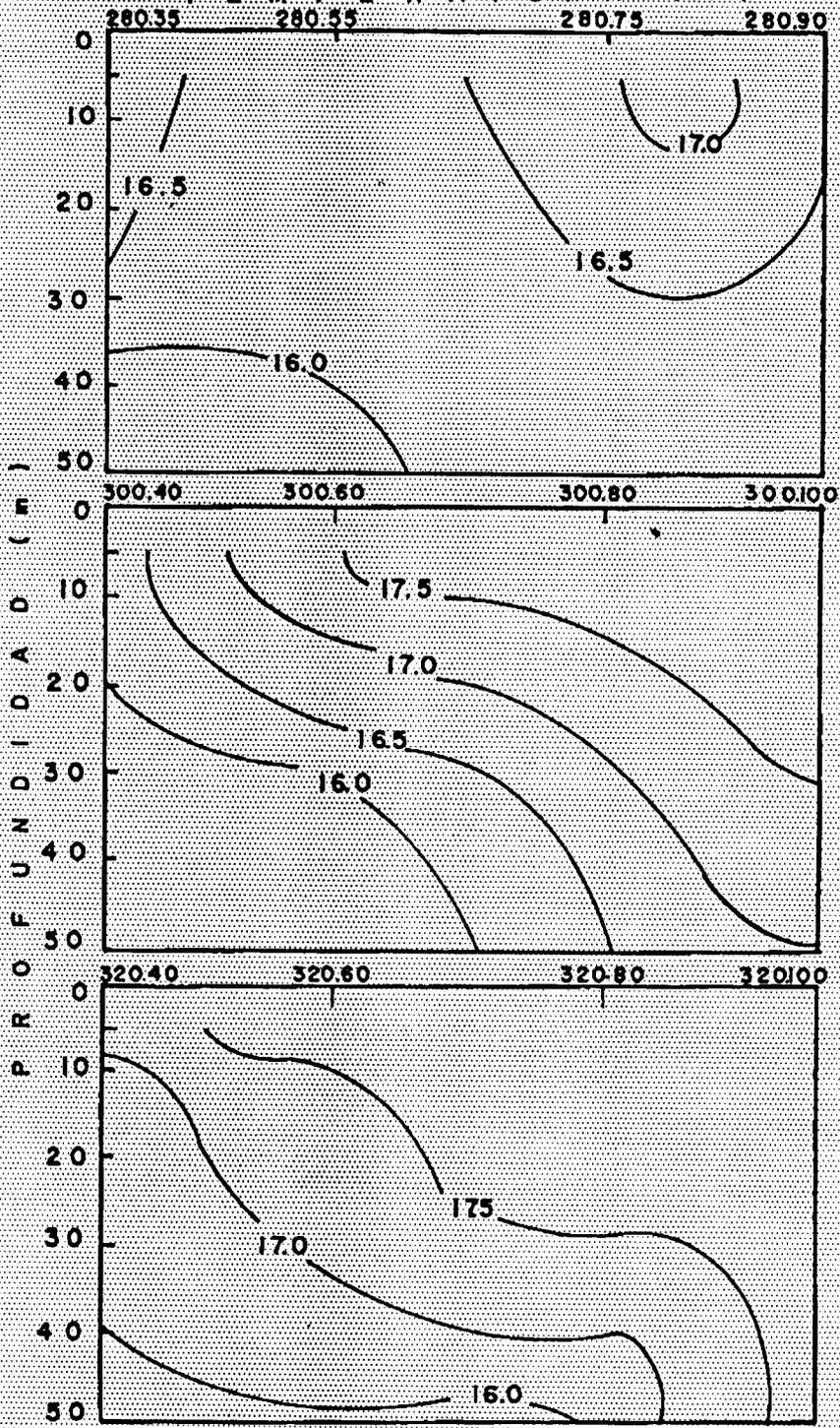
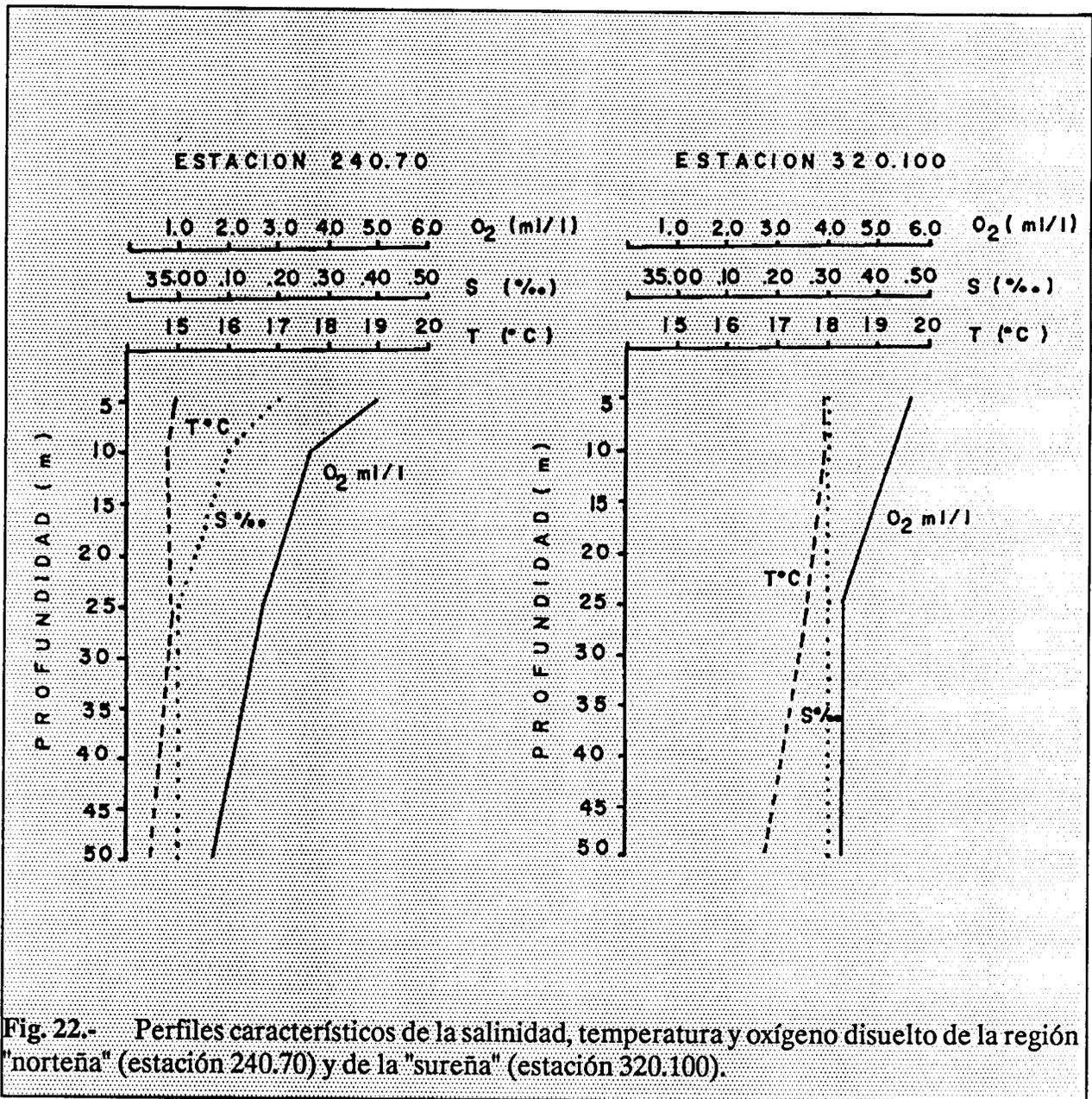


Fig. 21.- Temperatura de los transectos 280 (IV), 300 (V) y 320 (VI) del crucero GOLCA-8802.



C R U C E R O G O L C A - 8 8 0 2

F R A C C I O N : N A N O

T R A N S E C T O O C E A N I C O

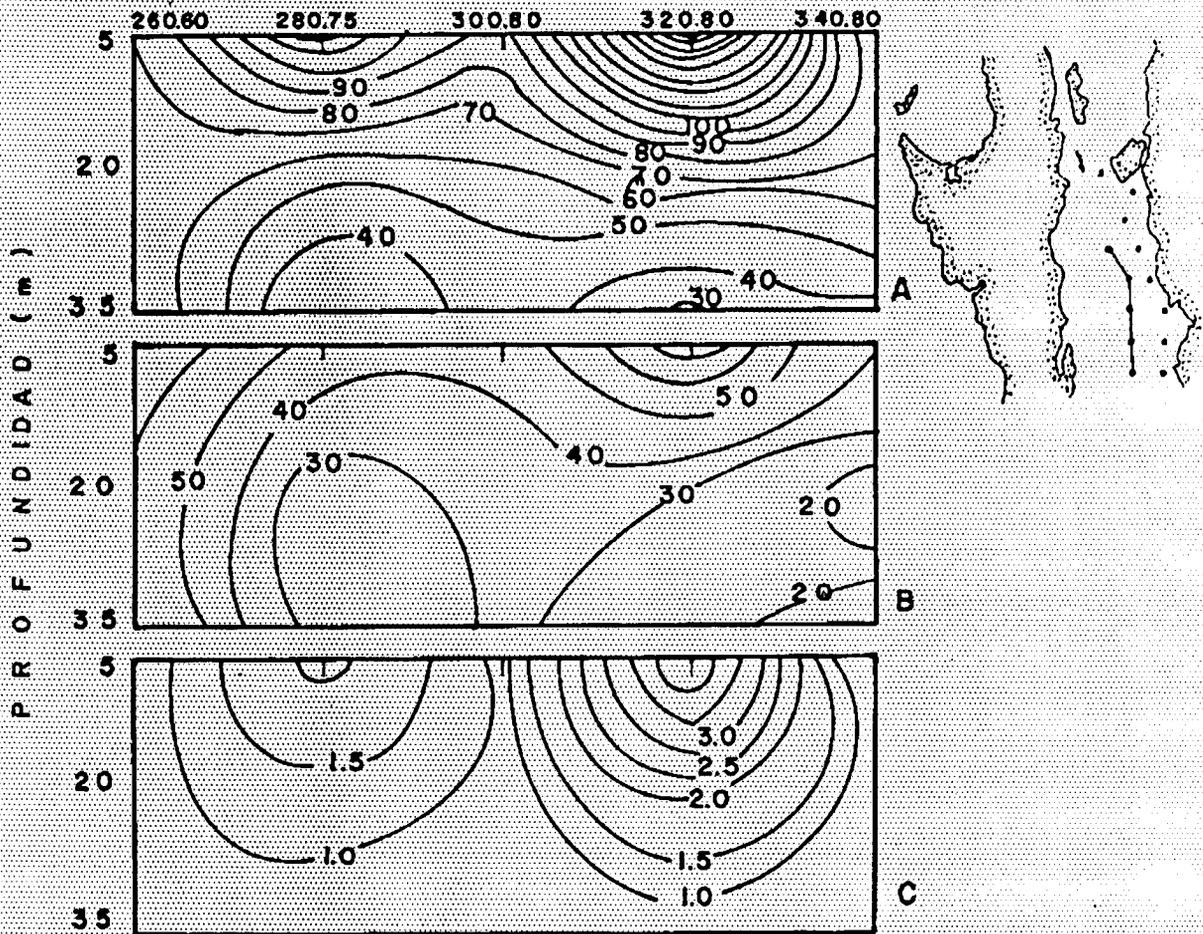


Fig. 23.- Distribución (en mg m^{-3}) de las proteínas (A), carbohidratos (B) y clorofila (C) de la fracción nano en el transecto oceánico del crucero GOLCA-8802.

IV.3.2. BIOMASA NANOPARTICULADA.

Transecto oceánico.

La concentración de proteínas (Fig. 23a) muestra dos núcleos máximos en las estaciones 280.75 y 320.80 con valores de aproximadamente 125 mg m⁻³ y 195 mg m⁻³ respectivamente. Los valores en general tienden a disminuir con la profundidad, 190 mg m⁻³ en superficie a valores de **40-45 mg m⁻³** a los 35 m. Los carbohidratos, (Fig. 23b) al igual que las proteínas, disminuyen con la profundidad aunque en la región **más** norteña del transecto se homogeniza. La concentración de clorofila ^a (Fig. **23c**) muestra dos núcleos de máximos coincidentes con los de las proteínas de 2.05 y 4.5 mg m⁻³ y conserva la misma tendencia a disminuir con la profundidad.

Transecto costero.

En este transecto continua el núcleo de proteínas (Fig. 24a) del transecto 320 donde alcanza valores de 125 mg m⁻³ y aparece un nuevo valor alto en en la estación 240.70. La concentración disminuye con la profundidad donde alcanza valores de 30-40 mg m⁻³. Los carbohidratos (**Fig. 24b**) presentan valores entre 30 y 110 mg m⁻³ y en general tienden a disminuir con la profundidad aunque se observa una **homogenización** hacia la región del norte y un núcleo en la región central. La clorofila ^a (Fig. **24c**) oscila entre los 0.4 y 3.39 mg m⁻³ siendo el **mínimo** encontrado hacia el fondo y el máximo formando un núcleo en la estación 320.100. También se observa la misma tendencia que las proteínas, a disminuir con la profundidad.

En el cuadro II se presentan los valores medios de la **concentración** de proteínas, carbohidratos y clorofila ^a de esta fracción.

En resumen, los indicadores de biomasa tienden a disminuir con la profundidad y a formar núcleos aislados principalmente en superficie siendo el más recurrente el de la estación 320.100.

IV.3.3. BIOMASA MICROPARTICULADA.

Transecto oceánico.

La concentración de proteínas (Fig. 25a) de esta fracción varió entre los 5 y 45 mg m⁻³ presentando su valor máximo en la estación 280.75. Al igual que la fracción **nano** la

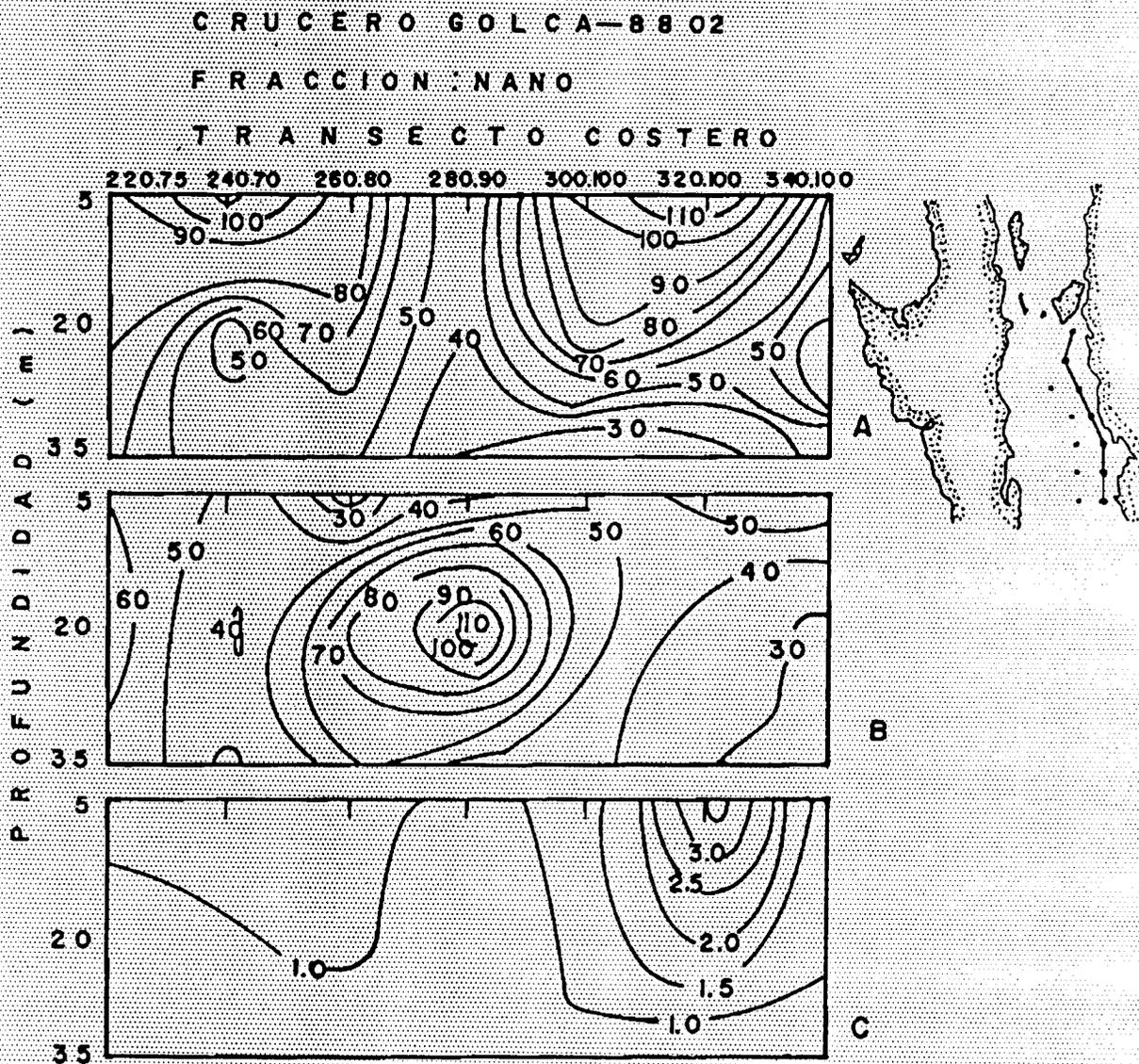


Fig. 24.- Distribución (en mg m^{-3}) de la proteínas (A), carbohidratos (B) y clorofila (C) de la fracción nano en el transecto costero del crucero GOLCA-8802.

C R U C E R O G O L C A - 8 8 0 2
F R A C C I O N M I C R O
T R A N S E C T O O C E A N I C O

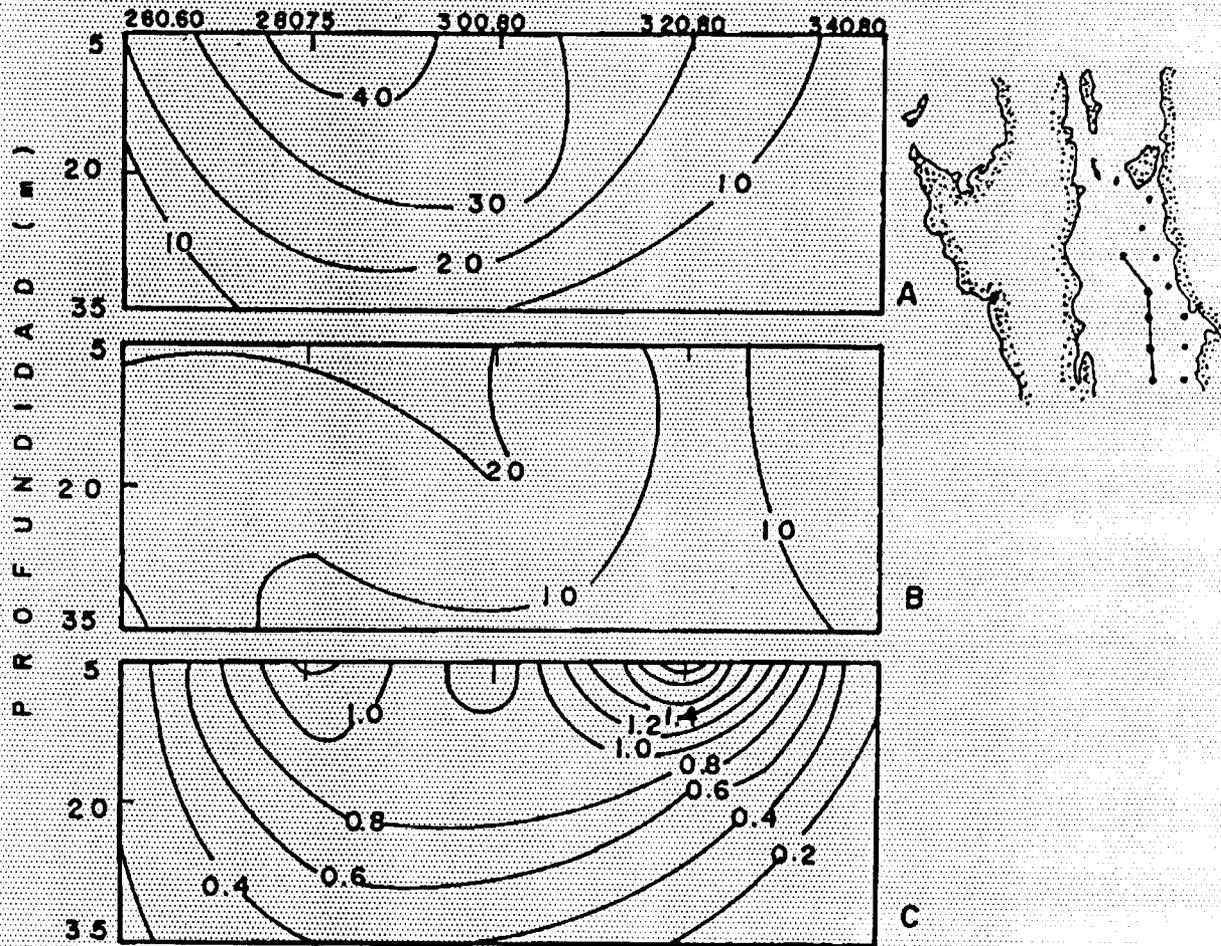


Fig. 25.- Distribución (en mg m⁻³) de las proteínas (A), carbohidratos (B) y clorofila (C) de la fracción micro en el transecto oceánico del crucero GOLCA-8802.

CRUCERO GOLCA-8802

FRACCION: MICRO

TRANSECTO COSTERO

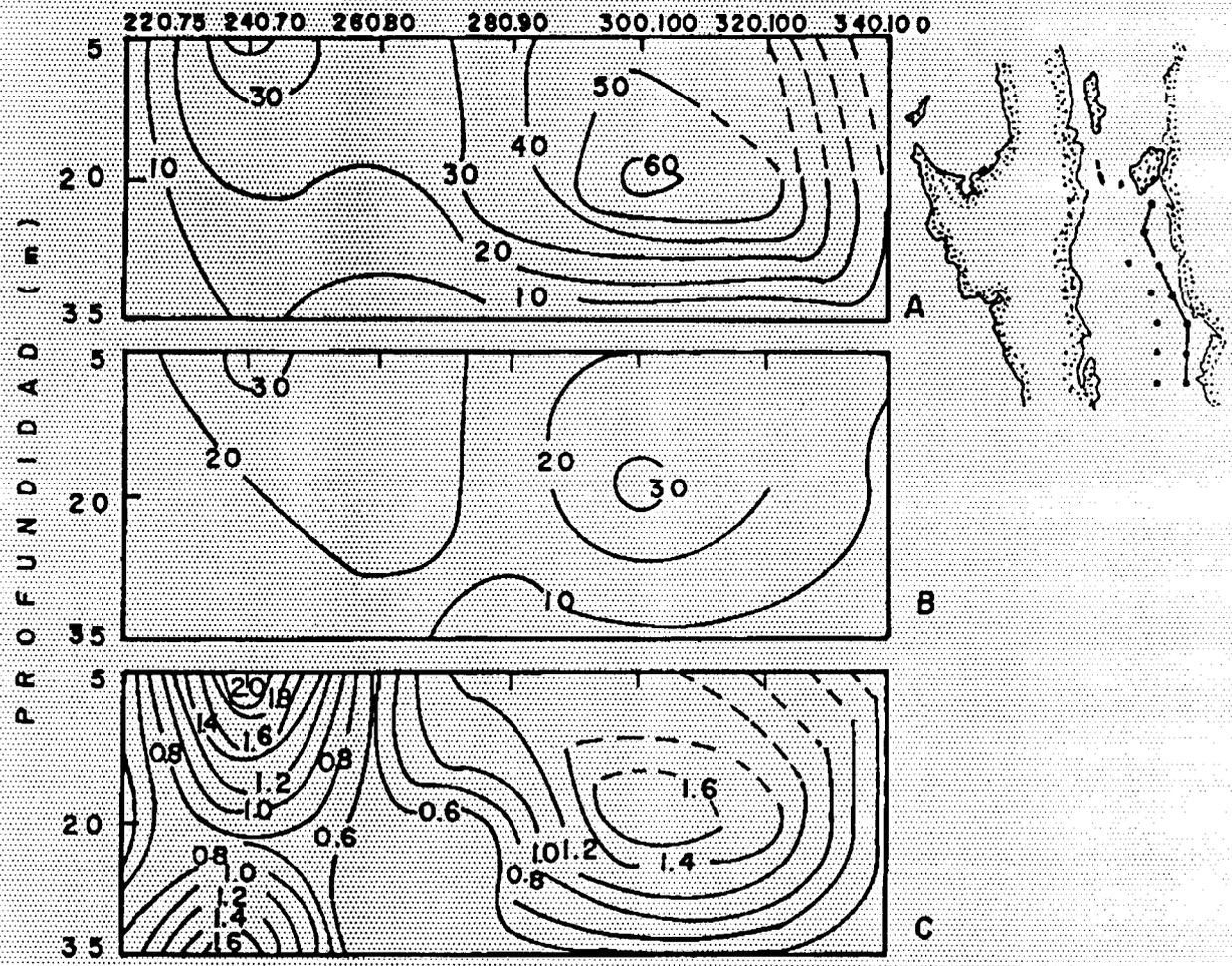


Fig. 26.- Distribución (en mg m⁻³) de las proteínas (A), carbohidratos (B) y clorofila (C) de la fracción micro en el transecto costero del crucero GOLCA-8802.

de la fracción **nano** con dos núcleos en las estaciones **280 y 320** donde **se registrarón** valores de **1.2 y 1.65** mg m⁻³ respectivamente y la tendencia a disminuir con la profundidad.

Transecto Costero.

La **proteína** (Fig. 26a) presentó valores desde **1 a 62** mg m⁻³ con un pequeño núcleo de 42 mg m⁻³ en la **estación** 240.70 y otro en la estación 300.100 de 60 mg m⁻³. **Los** carbohidratos (Fig. 26b) al igual que las **proteínas** y la clorofila **a** (Fig. **26c**) muestran la tendencia a disminuir con la profundidad con valores de 4 a 37 mg m⁻³ y el núcleo de la estación 300.100. La clorofila **a** en este transecto muestra valores relativamente altos principalmente en la capa superior a los 20 m donde se presentan valores mayores a 1.0 mg m⁻³. El núcleo de la estación 240.70 alcanza un valor de 2.4 mg m⁻³ en superficie y de 1.63 mg m⁻³ a los 35 m y el de la 300.100, 1.60 mg m⁻³.

Los valores medios **así** como la desviación estandar de la concentración de las proteínas, carbohidratos y clorofila **a** de esta fracción se presentan en el cuadro II.

En resumen, la tendencia a disminuir con la profundidad es notoria también en esta fracción y a formar núcleos aislados y coincidentes en algunos casos con los de la fracción narro.

Iv.3.4. ANALISIS ESTADISTICO.

En el cuadro VI se presenta los resultados del análisis estadístico el cual muestra una variación de la proteína y la clorofila **a** con la profundidad siendo mayor en superficie y menor a los 35 m. Los valores de clorofila **a** aunque disminuyen entre los 5 y 20 m, sus valores medios no son estadísticamente diferentes. El carbohidrato se mantiene homogéneo en la columna de agua. En la fracción micro, el **análisis** muestra que las proteínas de 5 y 20 m así como el carbohidrato son iguales. El valor medio de las proteínas y carbohidratos de los 35 m fue menor que los de superficie. La concentración media de clorofila **a** fue mayor en superficie mientras que los valores medios de 20 y 35 m son estadísticamente similares. El resumen de los resultados del **análisis estadístico** se muestra en el cuadro IV.

IV.4. CONTRIBUCION DEL MATERIAL FITOPLANCTONICO (CF) Y NO FOTOSINTETICO (CNF) ALA CONCENTRACION DE LAS PROTEINAS Y CARBOHIDRATOS.

Los resultados del análisis de regresión y correlación se muestran en los cuadros VII, VIII y IX, y en el cuadro X, los resultados de la CF y CNF. Considerando sólo aquellos casos donde la relación es significativa (alfa = 0.95) tenemos que en general la CNF es importante y contribuye entre el 20 y 61% de la **proteína** total de la fracción nanoparticulada, y entre el 20 y 69 % de las **micropartículas**. Los carbohidratos muestran una mayor asociación a la CNF tanto de las **nanopartículas** como las micropartículas. Para el crucero GOLCA-8709, los resultados muestran una CNF y CF de casi 1 a 1 en la capa superior a los 20 m, y de una CNF de nanopartículas del 80 % a los 35 m. Para la fracción de la micropartículas de este crucero, la concentración de proteínas es representada por un 80 % de material fotosintético y 20 % es atribuible al material no **fitoplanctónico** en la columna de agua. Los carbohidratos al igual que las proteínas están compuestos en una proporción de 1 a 1 por la biomasa **fitoplanctónica** y la CNF en los primeros 20 m, mientras que a los 35 m la influencia de la CNF aumenta

Cuadro VI.- Resultados del análisis de variancia:experimento factorial para los datos de crucero GOLCA-8802.

PROTEINAS				
Factor	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadr. Medio	R.V.
A	27930.1	1	27930.1	50.2
B	16035.5	2	8026.7	14.4
AB	3736.6	2	1868.3	3.3
Tratamientos	47720.4	5		
Residual	26653.8	48	555.3	
Total	74376.3	53		
CARBOHIDRATOS				
Factor	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadr. medio	R.V.
A	11443.5	1	11443.5	33.3
B	1207.5	2	603.7	1.7
AB	113.8	2	56.9	0.1
Tratamientos	12764.9	5		
Residual	16462.4	48	342.9	
Total	29227.3	53		
CLOROFILA				
Factor	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadr. medio	R.V.
A	3.2	1	3.2	4.5
B	8.8	2	4.4	6.1
AB	0.1	2	0.06	0.1
Tratamientos	12.2	5		
Residual	34.4	48	0.72	
Total	46.6	53		

Cuadro VII.- Resultados del análisis de regresión y correlación simple para los datos del crucero GOLCA-8709. El nivel de significancia es del 95%. S = significativo. NS = no significativo.

	FRACCION NANO					
	Clor. VS Prot.			Clor. VS Cho.		
Profundidad	5	20	35	5	20	35
Y-int.	-44.5			-38.4		
Pendiente	77.1			43.9		
r	0.68			0.65		
Significancia	S			S		

	FRACCION MICRO					
	Clor. VS Prot.			Clor. VS Cho.		
Profundidad	5	20	35	5	20	35
Y-int.	-4.71			-16.9		
Pendiente	-88.60			-22.6		
r	-0.76			-0.21		
Significancia	S			NS		

Cuadro VIII.- Resultados del análisis de regresión y correlación simple para los datos del crucero GOLCA-8711. El nivel de significancia es del 95%. S = significativo. NS = no significativo.

	FRACCION NANO					
	Clor. VS Prot.			Clor. VS Cho.		
Profundidad	5	20	35	5	20	35
Y-int.	-60.1			-44.0		
Pendiente	-29.7			-7.2		
r	-0.70			-0.28		
Significancia	S			NS		

	FRACCION MICRO					
	Clor. VS Prot.			Clor. VS Cho.		
Profundidad	5	20	35	5	20	35
Y-int.	-24.9			-19.9		
Pendiente	28.4			-11.5		
r	0.65			-0.53		
Significancia	S			S		

Cuadro IX.- Resultados del análisis de regresión y correlación simple para los datos del crucero GOLCA-8802. El nivel de significancia es del 95%. N = significativo. NS = no significativo.

	FRACCION NANO					
	Clor. VS Prot.			Clor. VS Cho.		
Profundidad	5	20	35	5	20	35
Y-int.	55.2	60.3	25.7	40.6	58.5	36.2
Pendiente	27.1	1.5	18.4	5.6	-9.6	1.4
r	0.87	0.05	0.45	0.43	-0.22	0.04
Significancia	S	NS	NS	NS	NS	NS

	FRACCION MICRO					
	Clor. VS Prot.			Clor. VS Cho.		
Profundidad	5	20	35	5	20	35
Y-int.	14.0	5.3	5.1	17.0	12.3	9.7
Pendiente	13.5	34.6	4.6	20.0	7.8	-0.1
r	0.64	0.87	0.40	0.23	0.51	-0.20
Significancia	S	S	NS	NS	S	NS

Cuadro X.- Contribución del material fitoplanctónico y no fitoplanctónico a la concentración total de proteínas y carbohidratos durante las campañas oceanográficas.

	Crucero GOLCA8709																							
	FITOPLANCTON						MATERIAL NO FITOPLANCTONICO																	
	Proteína			Carbohidrato			Proteína			Carbohidrato														
Prof.	5	20	35	5	20	35	5	20	35	5	20	35												
Nano	—42—			80			—29—			77			—58—			20			—71—			13		
Micro	—80—						—20—																	

	Crucero GOLCA8711																	
	FITOPLANCTON						MATERIAL NO FITOPLANCTONICO											
	Proteína			Carbohidrato			Proteína			Carbohidrato								
Prof.	5	20	35	5	20	35	5	20	35	5	20	35						
Nano	—41—			—			—59—			—								
Micro	—46—			71			—30—			—54—			29			—70—		

	Crucero GOLCA8802																													
	FITOPLANCTON						MATERIAL NO FITOPLANCTONICO																							
	Proteína			Carbohidrato			Proteína			Carbohidrato																				
Prof.	5	20	35	5	20	35	5	20	35	5	20	35																		
Nano	46			—			—			54			—																	
Micro	47			79			—			74			—			53			21			—			26			—		

V. DISCUSION

V.1. GOLCA-8709.

V.1.1. Estructura física.

Badan **Dangon et al.** (1985) analizan una serie de imágenes de satélite en el infrarojo, del Golfo de California, y describen las estructuras **físicas** que a nivel de mesoescala son más evidentes y persistentes: una masa de agua fría a lo largo de la región oeste de la Isla Angel de la Guarda extendiéndose en todo el Canal de Ballenas. La configuración del frente frío que se origina en el Canal de Ballenas, depende de la dirección del viento. **Así**, por ejemplo con vientos del Noroeste el frente **frío** se extiende unos 100 km a lo largo de las costas de Baja California, y de **ahí**, se mueve mar adentro para formar plumas con giros anticiclónicos que llegan a alcanzar las costas de Sonora y Sinaloa. Para los meses de verano los vientos dominantes provienen del sur y limitan el frente a la región del umbral de Salsipuedes. La otra estructura persistente son las surgencias, las cuales se observan sobre la costa este del Golfo con vientos dominantes del noroeste y en la costa Bajacaliforniana con los vientos del Sur. La intensidad de las surgencias son siempre mayores en la zona este. En ambos casos las aguas **frías** de las surgencias se desplazan sobre una de las costas y luego mar adentro hasta alcanzar la costa opuesta. Para el período del crucero **GOLCA-8709**, los datos muestran agua relativamente **fría** superficial del canal de Ballenas que se extiende hasta el Sur de la Isla San Lorenzo y el agua de la región central **-más** caliente- invadiendo toda la zona este de la Isla Angel de la Guarda. En la región del Canal de Ballenas, esta agua tiene una pérdida de calor y es mezclada con aguas más profundas debido a las altas tasas de evaporación de la zona (Alvarez Borrego, 1983) y a los procesos dinámicos imperantes (vientos y corrientes de marea)(Roden, 1964), lo que provoca que sean más **frías** y enriquecidas en nutrientes.

Durante el desarrollo de la campaña de Otoño (**GOLCA-8709**), las isotermas muestran claramente un frente originado por aguas provenientes de la región del Canal de Ballenas y de la región central del Golfo. Badan **Dangon et al.** (1985) muestran la configuración de este sistema frontal para el período de Verano y lo ubican sobre el umbral de Salsipuedes en el Sur y sobre la zona norte de la Isla Tiburón hacia el norte del Golfo. Durante este trabajo, el frente se encontró a la altura de la Isla San Lorenzo, que es más al norte de la posición descrita por Badan **Dangon et al.** (1985) y pudo deberse a la invasión de aguas calientes de origen tropical hacia el Golfo que ocurre durante los **períodos** del fenómeno **ENSO** (Baumgartner et al., en prensa; Badan **Dangon et al.**, 1985; **Bray,1988**) y con esto un desplazamiento del sistema frontal hacia el norte (ver efectos del **ENSO** página 70). La estructura vertical, claramente

estratificada, es también **característica** del **área** y de todo el Golfo de California (Roden, 1964) y es debida a la alta irradiación que existe en esta **época** (Bray, 1988).

V.1.2. Relación entre la biomasa particulada y la estructura física.

Las **características físicas** de la región de las grandes islas durante Septiembre de 1987, muestran tres estructuras importantes para la actividad biológica en una escala local: la estructura vertical estratificada, la región de mezcla a lo largo del canal de Ballenas y la zona de choque a la altura de la Isla San Lorenzo. En una escala global, la **característica** física más importante es la presencia de agua tropical superficial. Roden (1964) señala que durante el verano existe una termoclina estacional bien desarrollada en el Canal de Ballenas así como en todo el Golfo. Las condiciones asociadas a una masa de agua estratificada son consideradas como desfavorables para el desarrollo del fitoplancton ya que el intercambio del agua superficial (pobre en nutrientes) con aguas profundas (ricas en nutrientes) se ve limitado debido a la diferencia de densidades de ambas masas. **Así**, si comparamos la concentración de los indicadores de biomasa con los encontrados en otras **áreas** (Cuadro II y XI) tenemos que las menores concentraciones corresponden al área de estudio por lo que la asociación de la masa de agua estratificada con valores bajos de biomasa apoya este razonamiento.

La segunda estructura - la zona de mezcla del Canal de Ballenas -**característica** de esta área, es provocada por las fuertes corrientes de marea que condicionan una mayor alimentación nutritiva de la zona **fótica**, con el consecuente incremento en la **producción** primaria (Zeitzschel, 1969) y por lo tanto de biomasa (Baumgartner et *al.*, en prensa). Lo anterior se manifiesta en los resultados, con mayores concentraciones de proteínas, carbohidratos y clorofila en la región del canal comparados con los valores del resto del área de estudio. La tercera estructura -zona de choque en la región de la Isla San Lorenzo- se manifiesta también, en una mayor concentración de los descriptores de biomasa con respecto al resto del **área** de estudio.

Los sistemas frontales mantienen una producción primaria **fitoplanctónica** sostenida y concentran la actividad biológica en virtud de la reducida difusión vertical y horizontal (Harris, 1986). La productividad primaria de estos frentes se manifiesta en las imágenes de satélite con altas concentraciones de biomasa (Harris, 1986). En la boca del Golfo de California, Griffiths (1968) describe un importante sistema frontal originado por la mezcla de la corriente de California y aguas superficiales del Golfo y lo asocia a altas capturas de atún. Para el caso del frente descrito en este trabajo, podríamos asociarlo con la presencia de organismos

Cuadro XI.- Valores de la concentración media de proteínas, carbohidratos y clorofila para regiones del mundo (valores en mg m-3).

CLOR	PROT	CHO		
		15 - 20	Pacifico abierto	Hobson, 1957
		11.7 - 38.8	Pacifico occidental	Handa y Yanagi, 1969
	19.5		Pacifico	Romankevich, 1984
0.5	57.5	120.1	Costa oeste de Portugal	Lechuga-
1.0	67.1	77.2	Golfo de California	Deveze et
0.2	53.3	120.1	Costa occidental de B.C.	al. (en prensa b)
0.92	200	200	Fraccion nanoparticulada de la costa occidental de B.C. (0 - 20 metros).	Lechuga- Deveze et al. (en prensa a)
0.92	70	52	(35 metros).	
0.4-1.4	25-90		Bahia Funka (Japon)	Maita y Yanada, 1978
		79.8 (43-143)	Bahia de Benguela	Bhosle et al 1989
0.8		58.5-138.9	Aguas con plataforma	Nandakumar et al. 1988
0.56		112.5-233.1	Aguas sin plataforma del mar Arabigo.	
1.71	137.3	327	Ciclo anual en una laguna costera de B.C.S. Mex.	Ayala-Rocha, 1987
1.0	93.2	98.6	Area de la Bahia del Sur de California, USA.	Napp, 1986
0.72	67.18	44.38 I	Aguas dominadas por microflagelados	Barlow, 1982a
12.26	660.70	277.52 II	I=aguas recién surgidas	
23.78	465.20	583.50 III	II=aguas de 5-10 días de surgidas	
			III=aguas de > 10 días de surgidas	
0.43	62.7	46.2	GOICA8709-Nanoparticulas	Este estudio
0.07	14.0	19.7	GOICA8709-Microparticulas	"
1.44	104.1	54.8	GOICA8711-Nannoparticulas	"
0.88	51.3	34.7	GOICA8711-Microparticulas	"
1.23	67.9	41.9	GOICA8802-Nanoparticulas	"
0.64	22.8	16.2	GOICA8802-Microparticulas	"

pelágicos como la sardina ***Sardinops sagax caerulea***. Aunque no existen reportes de la asociación de estos peces con sistemas frontales, es posible suponerlo para esta área ya que de acuerdo con Sokolov (1974) y Wong Rios (1974) los juveniles de esta especie utilizan la región como zona de refugio y engorda durante el Verano y el Otoño. **Lluch Belda et al.** (1986) mencionan que las capturas de la sardina monterrey durante el Verano se efectúa principalmente en la región sureña del Canal de Ballenas. Así, debido a las bajas concentraciones en que se encuentra distribuido el alimento en el medio marino, los organismos depredadores deben depender del uso adecuado de conglomerados alimenticios que por procesos físicos, en este caso particular por la unión de dos masas de agua, se forman en el mar (Lasker, 1975; Harris, 1986).

A nivel global, la presencia de agua Tropical superficial (ATS) en el **área** de estudio provoca que la biomasa sea baja dentro del Golfo en comparación con otras zonas (Cuadros II y XI). Baumgartner et **al.** (en prensa) asocian una baja producción primaria **fitoplanctónica** (PPF) en el Golfo con la presencia de ATS, e hipotetizan que la falta de vientos a nivel global ocasiona una disminución en el acarreo de aguas subsuperficiales localizadas abajo del ATS, de tal manera que la PPF permanece baja. **Así**, la baja biomasa en general de proteínas, carbohidratos y clorofila en el **área** de estudio puede atribuirse a la presencia de esta masa de **agua**.

El análisis de **variancia**, muestra dos grupos de **partículas** que difieren en su concentración media de clorofila: el primer grupo, de baja concentración, que incluye las mediciones por encima de los 20 m y el segundo grupo de alta concentración, que incluye las de los 35 m. La explicación de esta diferencia puede hacerse bajo las siguientes hipótesis:

- 1.- La concentración de los 35m corresponde a un máximo subsuperficial de fitoplancton y.
- 2.- El máximo de clorofila es un reflejo del proceso fisiológico de fotoadaptación.

Los **máximos** en biomasa clorofiliana subsuperficial son una estructura frecuente en el **océano** y son el resultado de varios mecanismos de formación y mantenimiento, donde se incluyen procesos **físicos** como la formación de los gradientes de densidad, frentes, etc. y biológicos como el crecimiento, mortalidad y flotabilidad de las células **fitoplanctónicas** (Cullen y Epley, 1981). Por otro lado, la fotoadaptación es también común e involucra procesos donde la **síntesis** de clorofila se favorece a bajas intensidades de luz (Falkowski, 1980) lo que se traduce en un incremento en la concentración de pigmentos. Cullen y Epley (1981), en un

estudio del máximo subsuperficial de clorofila en una bahía al Sur de California, propone que debido a la relación que existe entre los diferentes indicadores de biomasa y la abundancia del fitoplancton, aquellos casos donde la clorofila está significativamente correlacionada a otros indicadores de biomasa -ATP particulado, carbono orgánico, volumen particulado- la clorofila puede considerarse como un indicador de la abundancia del fitoplancton, mientras que la falta de correlación indica el fenómeno de adaptación fisiológica (fotoadaptación). Así, el hecho de que la proteína y el carbohidrato se mantenga **homogéneo** en la capa de los 5-35 m y la clorofila **sólo** en la de los 5-20 m, sugiere que el mecanismo de fotoadaptación es responsable del incremento de la biomasa clorofiliana a los 35 m. Sin embargo, El cociente proteína/ clorofila obtenido de las pendientes de la regresión lineal (Lancelot-van Beveren, 1980), señala que en ambos estratos las pendientes son similares (Fig. 27), lo que nos lleva al siguiente razonamiento: Si la concentración de **proteínas** por unidad de clorofila no se modifica con la profundidad, entonces es posible descartar el proceso de fotoadaptación (no hay una disminución del

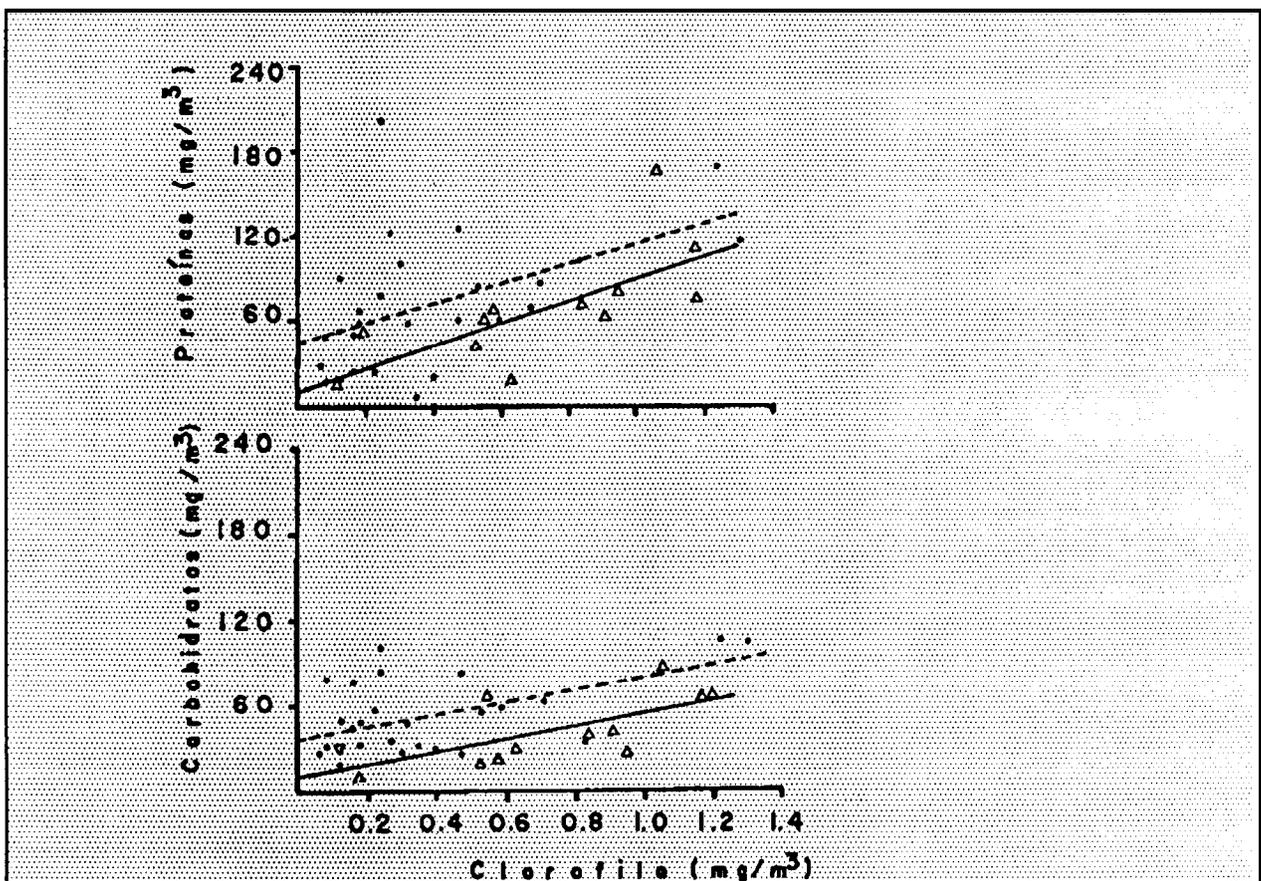


Fig. 27.- Relación clorofila vs. proteína y clorofila vs. carbohidratos de la fracción nano en los estratos 5 y 20 m (puntos y línea punteada) y 35 m (triángulos y línea continua).

cociente protefna-clorofila) y por lo tanto, la mayor biomasa clorofiliana al fondo de la capa fótica (35 m) corresponde efectivamente a un aumento de la abundancia fitoplanctónica.

Un mecanismo **hipotético** que es concordante con los resultados se muestra en la figura 28 e involucra una contribución diferencial del material fotosintético y no fotosintético como responsable de las variaciones en el sentido vertical. En este modelo la contribución proteica del material no fotosintético disminuye con la profundidad mientras que el fitoplancton lo hace en forma opuesta. La **contribución** detrítica estimada a partir de la intercepción en el eje de las Y's del **análisis** de regresión según el método de **Lancelot Van Beveren (1980)**(ver contribución del fitoplancton y del material no fotosintético en la página 66) indica una contribución no fitoplanctónica del 58% en los primeros 20 m y del 20% a los 35 m, lo que ayuda **hipotéticamente** a mantener la concentración de protefnas y carbohidratos **homogénea** a pesar de la variación de la abundancia fitoplanctónica.

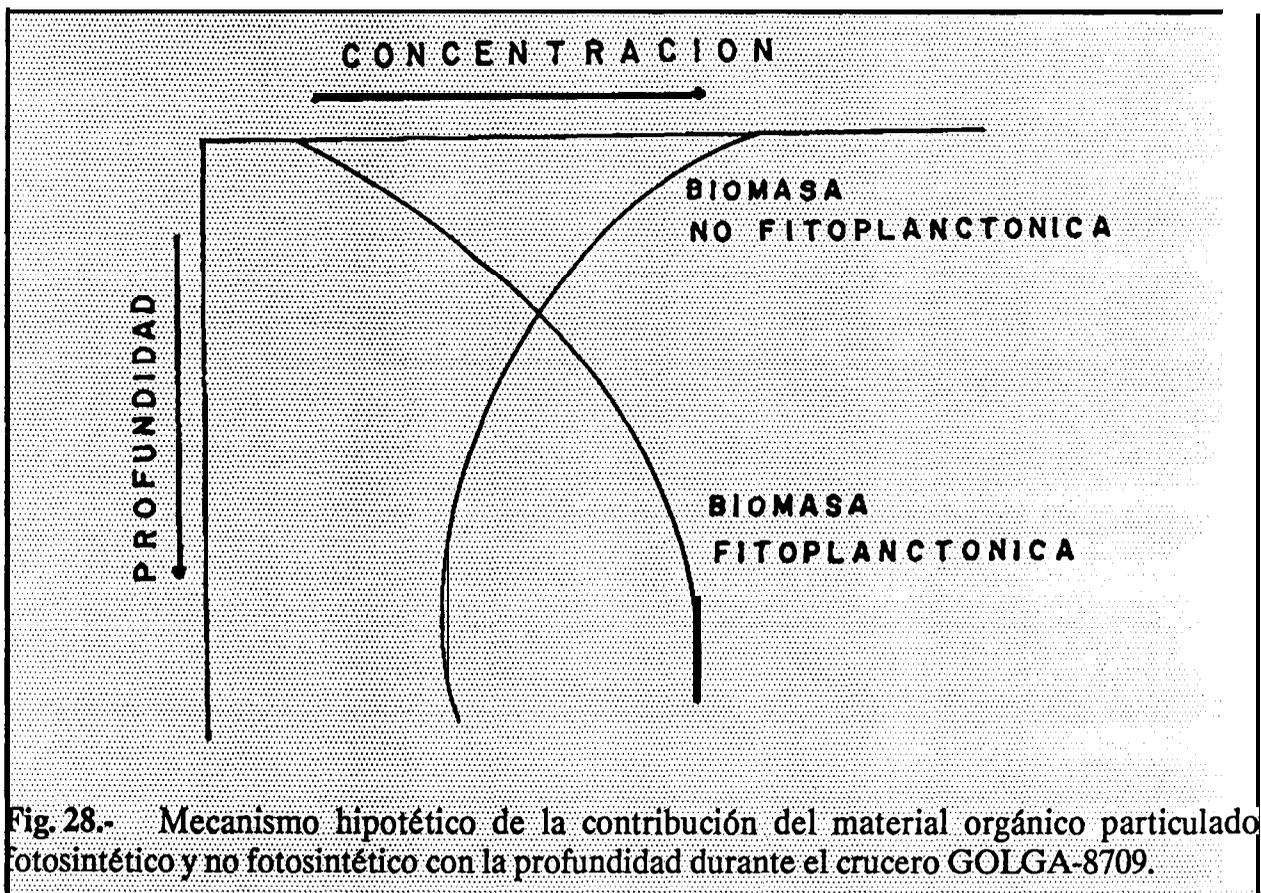


Fig. 28.- Mecanismo hipotético de la contribución del material orgánico particulado fotosintético y no fotosintético con la profundidad durante el crucero GOLGA-8709.

El modelo propuesto para explicar la distribución de la biomasa del material orgánico **particulado** durante el crucero **GOLCA-8709**, implica una distribución diferencial del detritus y del fitoplancton, es decir, más detritus en superficie mientras que a los 35 m la contribución

agua TS y por lo tanto se puede considerar como agua del Golfo que se calienta conforme se desplaza hacia el centro y sur del Golfo.

V.2.2. Relación ente la biomasa particulada y la estructura física.

Los resultados de la concentración proteica, clorofiliana y de carbohidratos, en ambas fracciones, indican una **homogenización** en la columna de agua por encima de los 35 m. Morris (1981) y Hitchcock (1983) señalan que la composición bioquímica del fitoplancton, es el resultado de las condiciones a las que estuvo sometido en el pasado **-su historia celular-**. Morris (1981), también apunta que la incorporación relativa de carbono en los diferentes componentes celulares se reflejaría en la composición bioquímica celular, **sólo** si la población fitoplanctónica está en un estado estable 6 que los tiempos de residencia bajo una condición sean lo suficientemente largos. Así, si consideramos que la estructura vertical es homogénea para esta época del año (Roden, 1964), es posible suponer que los procesos de mezcla son lo suficientemente vigorosos que permiten la **homogenización** del material particulado y en escalas de tiempo menores a las de adaptación **fisiológica**. Esto último significa que el fitoplancton no permanece el tiempo suficiente bajo un régimen de luz 6 nutrientes que permita la adaptación a ese ambiente.

Baumgartner et al. (en prensa) encuentran una mayor producción y biomasa asociadas al agua del Golfo, lo que concuerda con nuestros resultados, principalmente en la región costera donde la temperatura y salinidad son característicos de esta agua. Las surgencias pueden también ser responsables de la mayor cantidad del material particulado. Baumgartner *et al.* (en prensa) señalan que de Noviembre a Abril existe una fuerza asociada a los vientos que provocan surgencias en un ancho de unos 30 Km en la costa de **Guaymas**, y al norte, esta franja se ensancha siguiendo el entorno de la plataforma. Desafortunadamente los datos de temperatura y salinidad son **sólo** superficiales y por lo tanto no es posible inferir acerca de los procesos de surgencias que pudieron estar ocurriendo y que pueden asociarse a la distribución y abundancia del material orgánico particulado en la región, principalmente en los núcleos observados en este estudio.

V.3. GOLCA-8802.

V.3.1. Estructura física.

En las imágenes de satélite que presentan Badan **Dangon et al.** (1985) y Hamman (en prensa) de la región central del Golfo de California, se observa que para el período de invierno,

el agua de la región de las grandes islas (14-15 grados C) invaden la región media de la zona entre Isla Tiburón y **Guaymas** donde se bifurca hacia ambas costas, con una mayor invasión sobre las costas de Sonora. El calentamiento de estas aguas por mezcla e irradiación es gradual con un aumento de unos 4 grados desde su origen hasta la altura de **Guaymas**. En este estudio el agua de la región de las grandes islas mantiene sus **características** térmicas hasta la zona intermedia entre Isla Tiburón y **Guaymas** y de ahí, aumenta gradualmente hasta alcanzar una diferencia de unos 3 grados al Sur del **área** de estudio (Guaymas). Los diagramas T-S (Fig. 6) señalan la presencia de aguas del Golfo (Baumgartner et *al.*, en prensa), lo cual nos ayuda a descartar la posibilidad de una mezcla de diferentes tipos de masas agua a pesar de que presentan diferencias en el oxígeno disuelto, salinidad y temperatura (Fig. 22). También se observan variaciones de temperatura en áreas vecinas (por ejemplo, 2 estaciones separadas 20 millas, 280.60 y 300.60, presentan la menor y mayor temperatura). Esto también es observable en las imágenes de satélite y puede ser producto de los procesos de mezcla, los giros anticiclónicos o bien surgencias locales (Roden y **Groves**, 1959, Badan **Dangon et al.**, 1985). La estructura térmica vertical del **GOLCA-8802** muestra una homogeneidad con cambios de apenas 1 a 3 grados C de superficie a los **75m** y de 0.5 a 1 grado C en la capa de los 35m. La diferencia de la temperatura es ligeramente mayor hacia el Sur del **área** de estudio lo que concuerda con otros resultados (Roden, 1964).

V.3.2. Relación entre la biomasa particulada y la estructura física.

En las imágenes de satélite presentadas por Hammann et *al.* (1988) y Hammann (en prensa) se observa una correspondencia entre la temperatura y la concentración de pigmentos fotosintéticos -aguas frías corresponden a concentraciones mayores de clorofila-y los autores señalan que esta asociación se debe a que las aguas **frías** son ricas en nutrientes por que provienen de surgencias de la costa este del Golfo, dando como resultado una mayor biomasa y producción primaria. Las máximas diferencias son de acuerdo a las imágenes, de 2 a 3 **mg/m³** en la concentración de pigmentos. La concentración de clorofila durante este crucero al igual que la temperatura fueron muy homogéneos dentro del **área** de estudio por lo cual la correspondencia entre estos es muy baja.

Existen algunos valores altos de los indicadores de biomasa en superficie a la altura de **Guaymas** que se enmarcan en la isoterma de los 17.5 grados C -la mayor temperatura del **área**-. Lo anterior sugiere que para este caso en particular, **están** ocurriendo otros procesos de enriquecimiento nutritivo y acondicionamiento para la **proliferación** del fitoplancton. Zeitzschel (1969), Gilmartin y Revelante (1978), Alvarez Borrego y Lara Lara (en prensa) y

Baumgartner et al. (en prensa), así como nuestros resultados del crucero **GOLCA-8711** y **GOLCA-8802**, muestran datos altos de biomasa o producción primaria en esta región a pesar de que representan épocas diferentes, lo que apoya la idea de la existencia de procesos a nivel local que promueven estas poblaciones **fitoplanctónicas**. La influencia de las lagunas costeras en las zonas aledañas, especialmente en las costas de la región central del Golfo es importante (Gilmartin y Revelante, 1978) **así** como los procesos de mezcla (Baumgartner et al., en prensa).

En contraste con la homogeneidad térmica, la biomasa proteica, de carbohidratos y clorofiliana muestran una disminución con la profundidad tanto en la **fracción nano** como microparticulada. Lo anterior **podría** explicarse considerando el efecto de la **luz** en la fotosíntesis. La luz desde el punto de vista **físico** actúa como la fuente energética en la formación de compuestos ricos en energía que son usados posteriormente para la **síntesis** de metabolitos celulares. Se ha demostrado, que tanto la intensidad como la calidad espectral, juegan un papel importante en el direccionamiento del carbono fijado durante la fotosíntesis. **Así** por ejemplo, la **síntesis** de metabolitos de bajo peso molecular y de carbohidratos es mayor en la capa superior del océano y conforme la intensidad luminosa disminuye, el carbono fijado se incorpora preferentemente en las proteínas (Morris et *al.*, 1974; Barlow, 1982b, 1984b; Shailaja y Pant, 1986; Claustre y Gostan, 1987). La calidad de la luz en las **vías** de fijación del carbón, es también importante. Aparentemente existe una estimulación de la asimilación de carbono relativa hacia proteínas en las cortas longitudes de onda (azules) (Wallen y **Geen** 1971a,b,c; Lechuga Devéze, 1982; Gostan et al., 1986; Rivkin, 1989). La ponderación de cada uno de estos factores en los patrones de fijación **así** como en la composición bioquímica del fitoplancton en condiciones naturales es **difícil**, ya que como señalan Morris (1981) y Hitchcock (1983), la composición **bioquímica** celular, es el resultado de las condiciones a la que estuvo sometida la población fitoplanctónica y no a las condiciones en las que actualmente se encuentra. En este trabajo el cambio proteico se ve acompañado por una disminución de la clorofila lo que sugiere también una menor abundancia fitoplanctónica con la profundidad y puede asociarse a **que** existe una tasa de mezcla lenta que no alcanza a homogenizar los componentes **particulados** de la capa superior a los 35 m y que la intensidad luminosa afecta las tasas de crecimiento **fitoplanctónico** hacia la capa **profunda del área** de muestreo. **Así**, al no haber una tasa de mezcla vigorosa, es posible que las **partículas** superficiales se hundan, y conforme la luz disminuye estas se ven limitadas por luz y por lo tanto en las tasas de crecimiento, creando **así** un perfil descendente con la profundidad. La intensidad luminosa a los 20 m durante este crucero fue de apenas el 1% de la incidente (Bustillos Guzmán et al., en prep.) lo que apoya la hipótesis de la luz como factor principal en la distribución del material orgánico. Los estudios sobre la actividad de las enzimas involucradas en la asimilación de los

nutrientes, principalmente, nitrato en zonas de alta concentración **-surgencias-** apoyan también esta idea. Así por ejemplo, Nelson y Lee (1979) encuentran que las tasas de asimilación del nitrato en oscuridad y luz son muy bajas en condiciones naturales donde los nutrientes no son limitantes y señalan que el nitrato casi nunca es tomado en la oscuridad presumiblemente debido a que es un mecanismo activo que requiere ATP el cual proviene de la **fotofosforilación ciclica** -una reacción que **sólo** ocurre en la luz- (**Falkowski y Stone, 1975**). Otros autores también han demostrado que la saturación luminosa en la actividad de la nitrato reductasa de poblaciones naturales fitoplanctónicas se alcanza a intensidades bajas de 0.5-5.0 % de la irradiancia incidente en aguas del noroeste del Africa (Packard, 1973 citado por McCarthy, 1980); de 10 % en el Atlántico Ecuatorial (**Collos y Slawyk, 1980**) y de 1-5% en zonas de surgencias (**MacIssac et al., 1985**).

V.4. ANALISIS COMPARATIVO.

Estudios sobre la concentración de **proteínas** y **carbohidratos particulados** en el Golfo de California son escasos y no publicados. Por ejemplo, de los 3 trabajos revisados, **sólo** uno se encuentra publicado (Lechuga Devéze et al., en prensa a) con **un análisis** de los datos diferente al de este estudio y son reconsiderados más adelante (ver efecto del **ENSO** en la página 70). De los 2 trabajos restantes, uno se refiere a un ciclo anual en una laguna costera de Baja California Sur (Ayala Rocha, 1987); y el otro, analiza el contenido de proteínas, grasas y cenizas del plancton de una estación fuera de **Guaymas** (Garza **Ramírez, 1971**). Desafortunadamente los valores de este último, son referidos como porcentaje del plancton mayor de 160 micras y por lo tanto no se puede comparar directamente con nuestros resultados. Los valores evidentemente mayores del material orgánico particulado de la laguna costera (Cuadro XI), son consecuencia de la influencia del material vegetal no **fitoplanctónico** derivados de las **macroalgas** y manglares de esta área. Sin embargo al estandarizar la proteína y carbohidrato por unidad de clorofila (Cuadro XII) tenemos que en casi todos los casos los coeficientes son mayores en poblaciones naturales que en cultivos monoalgales lo que apoya la idea del material no vegetal como responsable de una contribución importante a la biomasa total principalmente en áreas con baja biomasa fitoplanctónica (ver contribución del fitoplancton y material particulado no fotosintético en la página 66).

Al comparar nuestros datos con los de otras regiones del mundo (Cuadro XI), se hace evidente que estos se encuentran dentro del rango reportado, sin embargo es importante señalar que al parecer hay un aumento de la biomasa fitoplanctónica dentro del Golfo, durante los períodos cálidos por lo cual estos resultados deben considerarse bajo un marco de

Cuadro XII.- Valores de la relación proteínas/clorofila y carbohidratos/clorofila para diferentes regiones del mundo y de cultivos monoalgales. - = Insuficiencia nutritiva. + = Suficiencia nutritiva. 1 = Crecidas a 400 uE m⁻² s⁻¹. 2 = Crecidas a 25 uE m⁻² s⁻¹.

PROTEINA/CLOR.	CARBOHIDRATO/CLOR.	OBSERVACIONES	REFERENCIA	
53	13+	Fase logarítmica de varias especies de diatomeas.	Miklestad, 1974.	
58		Poblaciones naturales de <u>Phaeocystis pouchetii</u>	Lancelop et al, 1986	
50+		<u>Chaetoceros</u> sp	Parsons et al, 1961	
36+		<u>Skeletonema costatum</u>	"	
75+		<u>Coscinudiscus</u> sp	"	
23+		<u>Phaeodactylum tricorutum</u>	"	
31+		<u>Ditylum brightwelli</u>	Strickland et al, 1969	
23+	26-	<u>Navicula pellicosa</u>	Coombs et al, 1967	
27+		11 especies de diatomeas	Hitchcock, 1982	
39.4	122.8	<u>Hymenomonas elongatum</u> -1	Claustre y Gostan, 1987	
15	12.9	" " -2	"	
15.5	41.2	<u>Isochrysis galbana</u> -1	"	
3.8	3.7	" " -2	"	
60-	100+	60- 6+	Fitoplancton costero	Antia et al 1963
115	240	Zona oceánica de Portugal	Lechuga-Deveze et al, (en prensa b)	
67.1	77.2	Golfo de California	"	
266.5	600	Costa occidental B.C.	"	
80.2	191.2	Laguna costera B.C.S.	Ayala-Rocha, 1987	
75.8	57	Nanoparticulas costa occidental B.C.	Lechuga-Deveze et al (en prensa b)	
69.9	148.5	Región de la Bahía del Sur de California	Napp, 1986	
105.9	46	Agua recién surgida	Barlow, 1982a	
56.8	25.3	Agua de 5-10 días de surgida	"	
38.6	61.8	Agua de > 10 días de surgida	"	
145.3	107.4	GOLCA8709-Nanoparticulas	Este estudio	
200.0	281.4	GOLCA8709-Microparticulas	"	
72.2	38.0	GOLCA8711-Nanoparticulas	"	
58.2	39.4	GOLCA8711-Microparticulas	"	
55.2	34.0	GOLCA8802-Nanoparticulas	"	
35.6	25.3	GOLCA8802-Microparticulas	"	

condiciones muy particulares que se asocian al fenómeno **ENSO** (ver efecto del **ENSO** en la página 70).

Nuestros resultados muestran también que las nanopartículas son el principal componente de la biomasa total lo cual ha sido previamente reportado (Zeitzschel, 1970; Bertman, 1975; Gilmartin y Revelante, 1978; Valdéz Holguín y Lara Lara, 1987) aunque hay algunas excepciones donde las micropartículas son dominantes. Valdez Holguín y Lara Lara (1987) atribuyen estos casos particulares a la poca profundidad de las estaciones aunque es probable que existan variaciones espacio-temporales de la dominancia de cada una de las fracciones ya que algunos datos de estaciones de baja profundidad indican la dominancia de las micropartículas (Bustillos Guzmán *et al.*, datos no publ.).

VS. CONTRIBUCION DEL FITOPLANCTON Y MATERIAL PARTICULADO NO FOTOSINTETICO A LA CONCENTRACION DE PROTEINAS Y CARBOHIDRATOS.

El artificio del cálculo de la CF y CNF asume que la variabilidad del metabolito está dada principalmente por la abundancia del fitoplancton y por lo tanto la CF es constante. Esta es una limitación importante del método por lo cual los resultados derivados de este artificio deben tomarse con precaución. A pesar de estas limitantes, varios **autores** lo han usado para caracterizar algunas propiedades de la materia orgánica **particulada** en diferentes áreas (McAllister *et al.*, 1960; Banse, 1977; Barlow, 1982a; Ayala Rocha, 1988; Lechuga Devéze *et al.* (en prensa a,b).

La contribución detrítica en el Golfo de California fue señalada primeramente por Zeitzschel (1970) quien mostró que tan **sólo** el 9.4 % del carbón **particulado** pertenecía al fitoplancton. Lechuga Devéze *et al.* (en prensa a) señalan también una contribución detrítica importante del 50 y 71 % para la proteína y carbohidrato respectivamente. En otras regiones del mundo se han reportado contribuciones similares del detritus a la concentración total de la biomasa. Por ejemplo, Barlow (1982a) reporta que el detritus representa más del 50 % de la proteína total en áreas de surgencias del sur de Africa y entre el 19.5 y 56.2 % del carbohidrato. Lechuga Devéze *et al.* (en prensa a) reportan valores de 31 al 48 % y de 33 al 72 % de contribución detrítica proteica y de carbohidratos para la zona oceánica frente a Portugal. Para la costa Occidental de Baja California estos **últimos** autores señalan una carga detrítica del 63 % para proteínas y de apenas el 5 % para el carbohidrato. Los resultados de este trabajo,

señalan también valores dentro de los rangos reportados y que además presenta variaciones importantes en el espacio y tiempo.

Los análisis de regresión entre la concentración de clorofila y la proteína muestran coeficientes de correlación significativos en casi todos los casos. Por el contrario, la correlación entre la clorofila y los carbohidratos en pocos casos fue significativa (Cuadros VII, VIII y IX). La causa de la variación de los coeficientes de correlación, podría explicarse bajo dos condiciones. La primera implica que la concentración de uno de los parámetros incluidos en el análisis varíe entre partícula y partícula, mientras, el otro se mantiene constante -variación de los coeficientes **proteína/clorofila** o **carbohidrato/clorofila**-. La segunda condición, implica una aportación externa, diferente, no incluida en los organismos **autótrofos**. Para el caso de la relación entre clorofila y proteína, podría asociarse a la segunda condición ya que la síntesis proteica tiende a mantenerse prácticamente constante en el fitoplancton, aún a expensas del carbohidrato (Anderson y Roels, 1981; Barlow, 1982c; Lechuga Devéze, 1982; Dortch et al., 1984; Claustre y Gostan, 1987). Para el caso de la relación clorofila-carbohidrato, aparte de la fuente externa, también la variabilidad del carbohidrato a nivel celular puede ser factor importante. Así la conjunción de estos dos factores condicionan las variaciones en las relaciones de estos dos descriptores de biomasa. Esta observación se apoya en los trabajos de Dortch et al. (1984) quienes reportan cambios significativos del carbohidrato a nivel celular en escalas de tiempo cortas (horas) y Barlow (1982a) quien encuentra que los carbohidratos exhibieron los cambios más dramáticos de las variables bioquímicas en la región sur de la corriente de Benguela. Caperon et al. (1976), analizan la relación entre la clorofila y el nitrógeno particulado de una región costera y oceánica de las Islas Hawaianas y encuentran que los análisis de regresión de las regiones oceánicas resultaron con bajos coeficientes de correlación y no significativos y lo explican a través de un modelo propuesto por Pomeroy (1974). Según el modelo, en zonas oligotróficas la fracción **fitoplanctónica** es pequeña en comparación con el material no **fitoplanctónico** y por lo tanto la variabilidad está dada más por el CNF, mientras que lo opuesto ocurre en áreas con altas concentraciones de nutrientes (**eutróficas**). Nuestros resultados muestran una relación **proteína/clorofila** mayor durante el período estratificado (GOLCA-8709) en comparación de los datos de los cruceros **GOLCA-8711** y **GOLCA-8802**, que presentaron aguas homogéneas. Dortch y Packard (1989) examinando la biomasa **fitoplanctónica/biomasa total** -considerando la clorofila como indicador de la biomasa vegetal y la proteína como indicador de la biomasa total- encuentran que existe un cambio gradual positivo en la relación **proteína/clorofila** de un ambiente **oligotrófico** a uno **eutrófico**. Por lo anterior, estos autores hipotetizan que la mayor parte de la proteína en áreas oligotróficas está asociada a las bacterias y microzooplancton mientras que en áreas **eutróficas**

esta más asociada al fitoplancton, por lo que la pirámide alimenticia en zonas oligotróficas está compuesta en su base en una proporción menor de autótrofos que la de los depredadores. Fuhrman et *al.* (1989) demuestra que efectivamente las bacterias, cuya mayoría presenta diámetros menores a las 0.5 micras, representan más del 70-80 % del carbono y nitrógeno respectivamente en el mar de los Sargazos (zona oligotrófica) y señala que éstos resultados implican una diferencia fundamental entre aguas oligotróficas y eutróficas con respecto a la distribución de la biomasa, y que las bacterias constituyen un gran reservorio de carbono y nitrógeno en el mar. Cushing (1989) en una revisión de las proporciones de biomasa y la estructura del ecosistema marino, llega a la misma conclusión y añade que los ciclos de producción son muy estables en zonas oligotróficas, que la cadena alimenticia es más larga, y que existe un dominio de células no fitoplanctónicas menores de 5 micras. Así pues, lo anterior sugiere que nuestros cocientes proteína/clorofila pueden asociarse a cambios en la estructura de la pirámide alimenticia que a su vez son un reflejo de las características de la masa de agua, es decir, el predominio del enlace microbiano (ver origen del detritus) durante los períodos estratificados y de la cadena clásica durante las surgencias y períodos no estratificados (bajos cocientes proteína/clorofila).

Para explicar la baja contribución detrítica de la fracción micro -la intercepción en el eje de las abscisas de la ecuación de regresión- se pueden plantear 2 hipótesis. La primera, supone que dado que la biomasa del microfitoplancton es baja en relación de la nanofitoplanctónica, la concentración del sustrato de acción de los componentes del detritus es también baja. La segunda, supone que dado que el tamaño del detritus es más pequeño que la malla utilizada para la separación de la fracción micro, este pasa la malla, y por lo tanto no afecta a las micropartículas. El primer caso podría descartarse si consideramos que la biomasa microplanctónica aumenta en los cruceros GOLCA-8711 y GOLCA-8802 mientras que la contribución detrítica se mantiene baja. Así, la segunda hipótesis parece la más adecuada para explicar la baja contribución microdetrítica. Ciertamente, los tamaños de los componentes detríticos son en general menores de 10 micras (ver origen del detritus) y por lo tanto pasan la malla de separación con la consecuente disminución del detritus en la fracción micro.

V.5.1. Origen del detritus

En medios ambientes oceánicos, la producción de compuestos orgánicos tiene su origen en los organismos autótrofos como son las diatomeas, dinoflagelados y bacterias. Dicha producción queda disponible a otros niveles tróficos ya sea por excreción, lisis o bien por pastoreo directo. Las dos primeras formas son las que mayoritariamente propician la

instalación y desarrollo de bacterias cuya actividad provoca la disgregación y degradación de dichos compuestos (Biddanda y Pomeroy, 1988) formando una **vía** metabólica conocida como detritica (Mann, 1988). Este nuevo concepto ha sido denominado Enlace Microbiano (Microbial Loop, en ingles) (Azam et al., 1983). El origen de este concepto deriva principalmente del descubrimiento de que el fitoplancton excreta una fracción sustantiva de los productos fotosintetizados en forma de material orgánico disuelto; de alrededor del **10-50%** de la producción primaria (Lancelot, 1979; Larsson y Hagstron, 1982; Sundh, 1989; Zlotnik y Dubinsky, 1989) y de que los **autótrofos** en las fracciones pico y **nano** -formas que en general el zooplancton “clásico” no es capaz de retener debido a su **tamaño**- son frecuentemente los responsables de la mayor producción primaria (Malone, 1971; 1980). De esta forma los productos de la fotosíntesis son utilizados por bacterias **tropófagas** que a su vez son consumidas por metazoarios que junto con el microfitoplancton entran a la clásica cadena alimenticia (Fenchel, 1988).

La cuantificación en términos de carbono del enlace microbiano en el medio marino es aún desconocido pero algunos trabajos sugieren su importancia. Por ejemplo, Biddanda y Pomeroy (1988) utilizando tres fuentes de detritus, señalan que tanto el material detritico disuelto como **particulado** es mineralizado en igual magnitud, siendo en porcentaje entre 13.6 % y 19.5 % durante el primer día y a partir de aquí, hay una disminución permanente para que al día 16, entre el 32 % y 63 % del detritus es consumido. La importancia del material detritico en la cadena alimenticia como sostén de invertebrados y de organismos de importancia comercial, aún no está bien definida, aunque si reconocida (Pomeroy, 1974, 1979; Fenchel, 1988; Mann, 1988). Biddanda (1988) y Biddanda y Pomeroy (1988) mencionan que los agregados detritus-bacterias pueden constituir una fuente significativa de carbono para metazoarios capaces de consumirlos. Heinle et al. (1977) alimentaron el **copépodo *Scottolana canadiensis*** con detritus y algas, y concluyen que el detritus y microorganismos asociados no son un alimento adecuado para este crustáceo pero que suplementado con otro tipo de alimento, la sobrevivencia y producción de huevos aumenta significativamente. Así pues, el detritus y su importancia modifican substancialmente la tradicional pirámide alimenticia **-fitoplancton--zooplancton--peces--hombre-** para considerar una donde el detritus + microorganismos asociados juegan un papel fundamental, tanto en la mineralización del material orgánico, como en la transferencia energética. En cuanto a la transferencia neta de carbono, Biddanda et al. (1988) señalan que al menos el 4 % de este carbón detritico es incorporado en la biomasa bacteriana. De esto último, concluyen que la comunidad bacteriana en sí puede tener poca importancia como fuente de carbono para los metazoarios que la

consumen, pero que la combinación detritus-bacterias que se forman durante el 1 y 4 día, puede constituir una fuente importante de carbono para los metazoarios.

La calidad de estos complejos bacterias-detritus es poco conocida, sin embargo nuestros resultados -asumiendo que el material no asociado al fitoplancton está constituido por estos complejos- muestran una composición bioquímica competitiva con la que presenta el fitoplancton, lo cual concuerda con las consideraciones hechas por Seki et *al.* (1968), Wiebe y Hendricks (1977), Heinle et *al.* (1977), Paffenhofer y Strickland (1970), Barlow (1982a) y Lechuga Devéze et *al.* (en prensa a) , y por lo tanto, su aprovechamiento potencial por organismos en niveles tróficos superiores en la cadena alimenticia, puede ser de magnitudes aun no consideradas. Efectivamente, si se acepta que el alimento en el medio marino se encuentra, en general muy diluido (Lasker, 1975 ; Harris 1986), parecería contra la lógica que la proteína detrítica así como el carbohidrato, los cuales son una buena fuente de carbono y nitrógeno, no fueran aprovechados por otros organismos.

Otro aspecto que trae consigo la incorporación del detritus como una vía metabólica importante dentro de la red trófica marina, es la relacionada con las unidades de biomasa que se utilizan para caracterizar los recursos alimenticios disponibles. Ciertamente, en forma tradicional la **biomasa** se reporta en unidades de clorofila o como células por unidad de volumen, pero **como** lo muestran los datos, existe una gran cantidad de material orgánico **particulado** cuyo cociente biomasa **fitoplanctónica**/ biomasa total, es muy variable. Esto nos lleva a concluir que la biomasa clorofiliana no debe considerarse como el equivalente a alimento disponible, y que deben incluirse mediciones de otros parámetros que se han reportado como importantes en la **selección** y asimilación de estas partículas.

V.6. EFECTO DEL EVENTO ENSO (EL NIÑO AND THE SOUTHERN OSCILLATION)

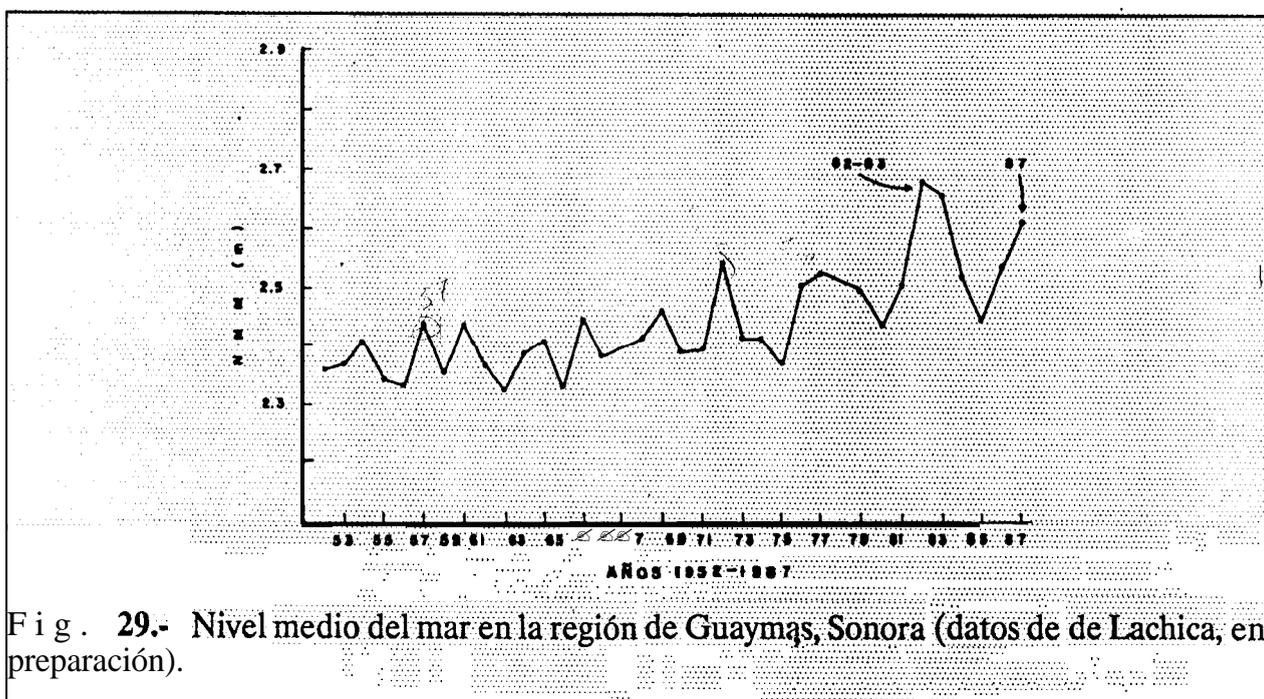
Durante 1986-88 se registró una anomalía en la temperatura media del mar en el Pacífico sur que se acepta de la suficiente magnitud y **duración** para ser considerado como período ENSO (Morissey y Lander, 1988; Lander, 1989; Karoly y Lavery, 1989). El inicio de la anomalía en la zona ecuatorial fue en los meses de Enero-Febrero de 1987 y la **máxima** influencia en el Golfo de California, de acuerdo a Baumgartner y Christensen (1985), debió ocurrir en los meses de la segunda **mitad** del año. La influencia del evento ENSO en el área de estudio puede argumentarse bajo 4 hechos.

1.- Salinidades por abajo de las 35 partes por mil en la **región** de las grandes islas durante el crucero **GOLCA-8709** -datos en este trabajo-. Robles y Marinone (1987) en su **análisis** de datos históricos de salinidad de la cuenca de **Guaymas**, señalan que la salinidad superficial no presenta una clara estacionalidad pero que desechando los datos **anómalamente** bajos de Agosto de 1957 y Septiembre de 1983 -años influenciados por eventos **ENSO** de gran magnitud- la salinidad está siempre por encima de los 35 partes por mil.

2.- Hamman (en prensa) presenta una fotografía de satélite del Golfo para febrero de 1987 y señala una intrusión de agua cálida en la región del Sur del Golfo, la cual es interpretada como un posible efecto del **ENSO** 1986-1988.

3.- Niveles del mar muy altos en la región de **Guaymas**. Varios autores han señalado que las anomalías en el nivel medio del mar son un buen indicador de la presencia de este fenómeno en el Golfo (Baumgartner y Christensen, 1985; Robles y Marinone, 1987; Bray y Robles, en prensa; de **Lachica**, en prep.). La figura 29 muestra niveles del mar altos en la zona de **Guaymas** durante 1987.

4.- La presencia de aguas Tropicales superficiales en la región de las grandes islas. De acuerdo a Robles y Marinone (1987) salinidades menores a 35 partes por mil, que se pueden asociar a esta masa de agua, no se han registrado sobre la cuenca de **Guaymas** en años no influenciados por el **ENSO**.



Desafortunadamente existen pocos reportes sobre la influencia y el efecto de este fenómeno en la distribución y abundancia de la biomasa proteica y de carbohidratos en el área de estudio que nos permita hacer una inferencia bien documentada del efecto de este fenómeno. Sin embargo existe un crucero para la misma época del año, que se llevó a cabo durante un período no influenciado por el ENSO (GOLCA-8412) el cual es la base para la discusión, en este trabajo, del posible efecto del ENSO en la distribución de los indicadores de biomasa en la región central del Golfo. Ciertamente, durante Diciembre de 1984 se tomaron muestras en 28 estaciones de la región central del Golfo (Fig. 1. Anexo 1) las cuales fueron obtenidas y analizadas bajo la misma metodología utilizada en este estudio aunque estas no fueron fraccionadas y son únicamente de superficie. Así la comparación se hace con la suma de las fracciones de las muestras de 5 m y a fin de evitar interferencia de los cambios estacionales -que son grandes y no bien descritos- los datos solo se comparan con los obtenidos durante el GOLCA-8711. En el Cuadro XIII se reporta la posición geográfica, fecha de muestreo y temperatura superficial del cruceros GOLCA-8412.

Descripción de resultados.

GOLCA-84 12

La distribución superficial de temperatura presentó: valores entre los 17 y 21 grados C con un gradiente hacia el Sureste-el cual es interrumpido por la intrusión de agua más fría (18-18.5 °C) proveniente del Norte (Fig. 2. Anexo 1). La concentración de clorofila a (Fig. 3, Anexo 1) osciló entre 0.35 y 2.33 mg m⁻³ con un valor medio de 1.02 mg m⁻³. Las isolíneas muestran un núcleo máximo en el área central de muestreo localizándose los valores más bajos hacia los extremos de la zona. Las proteínas (Fig. 4, Anexo 1) al igual que la clorofila a , muestra un núcleo máximo coincidente en el área central y los valores más bajos en los extremos del área de estudio. El valor medio fue de 67.6 mg m⁻³ con valores desde 36.5 hasta 118.0 mg m⁻³. Los carbohidratos (Fig. 5, Anexo 1) tuvieron valores entre 37.9 y 131.1 mg m⁻³ con un valor medio de 77.2 mg m⁻³. Los valores máximos se localizaron en el área Norte y en un núcleo hacia la región central.

GOLCA-871 1 (datos superficiales y no fraccionados)

La clorofila a total (Fig. 6, Anexo 1) presentó valores entre 1.03 y 4.78 mg m⁻³ con un promedio de 2.60 mg m⁻³. Las isolíneas muestran 2 núcleos máximos costeros hacia los extremos del área y una zona central oceánica con valores relativamente bajos de pigmentos. La concentración de proteínas (Fig. 7, Anexo 1) muestra un gradiente del océano hacia la costa con un núcleo máximo localizado en el norte del área donde alcanza un valor de 425 mg m⁻³. El valor medio fue de 200.7 mg m⁻³. Las isolíneas de 200 y 150 son paralelas a la costa. La concentración de carbohidratos (Fig. 8, Anexo 1) muestra una distribución comparativamente más homogénea (100 mg m⁻³) con un máximo hacia la costa Sonorense.

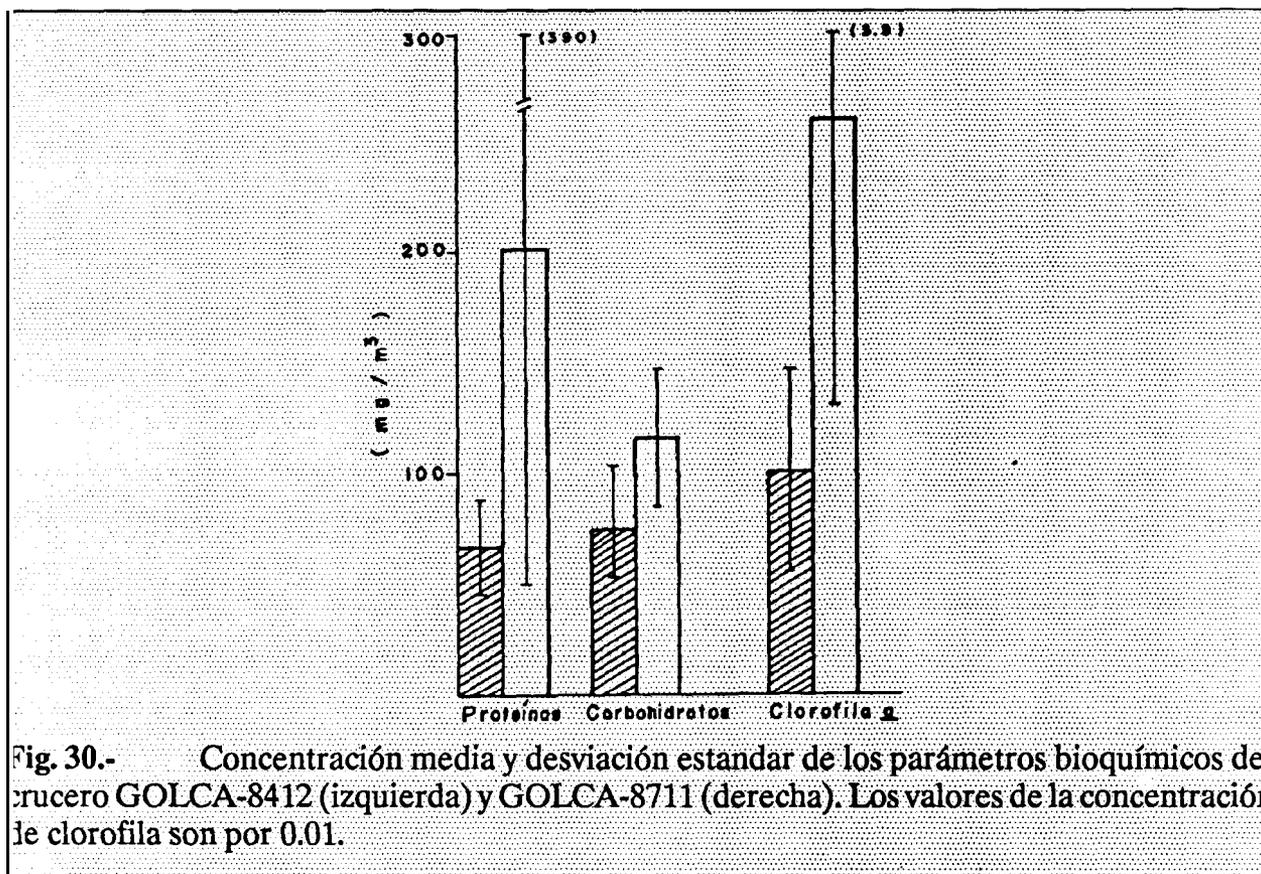
Cuadro XIII.-Posición geográfica, fecha y hora de muestreo de las estaciones del crucero GOLCA-8412.

GOLCA8412

ESTACION	LAT. NORTE	LONG. OESTE	FECHA	HORA
62	28 16.0	112 16.48	17-12-84	14:35
64	28 20.84	112 07.07	17-12-84	16:35
66	28 25.20	111 57.0	17-12-84	17:50
69	28 18.52	111 48.5	17-12-84	18:53
71	28 13.71	111 58.16	17-12-84	20:02
77	28 00.04	112 01.98	18-12-84	1:09
79	28 05.11	111 52.48	18-12-84	2:21
81	28 08.31	111 43.27	18-12-84	4:04
83	28 14.56	111 33.34	18-12-84	5:25
86	28 05.50	111 28.62	18-12-84	7:32
88	27 59.98	111 38.09	18-12-84	9:00
90	27 55.64	111 48.38	18-12-84	10:10
94	27 43.98	111 48.98	18-12-84	14:03
96	27 48.94	111 38.91	18-12-84	15:20
98	27 53.83	111 29.09	18-12-84	16:34
100	27 58.76	111 19.54	18-12-84	17:53
103	27 52.41	111 08.60	18-12-84	20:10
105	27 47.90	111 18.56	18-12-84	21:26
107	27 42.70	111 28.56	18-12-84	22:43
110	27 33.46	111 30.66	19-12-84	1:30
112	27 35.46	111 19.46	19-12-84	2:41
114	27 40.92	111 09.44	19-12-84	4:05
116	27 45.03	110 59.77	19-12-84	5:29
118	29 49.47	110 50.27	19-12-84	6:46
120	27 41.52	110 45.11	19-12-84	8:15
122	27 35.94	110 55.07	19-12-84	9:24
124	27 30.99	111 05.52	19-12-84	10:47

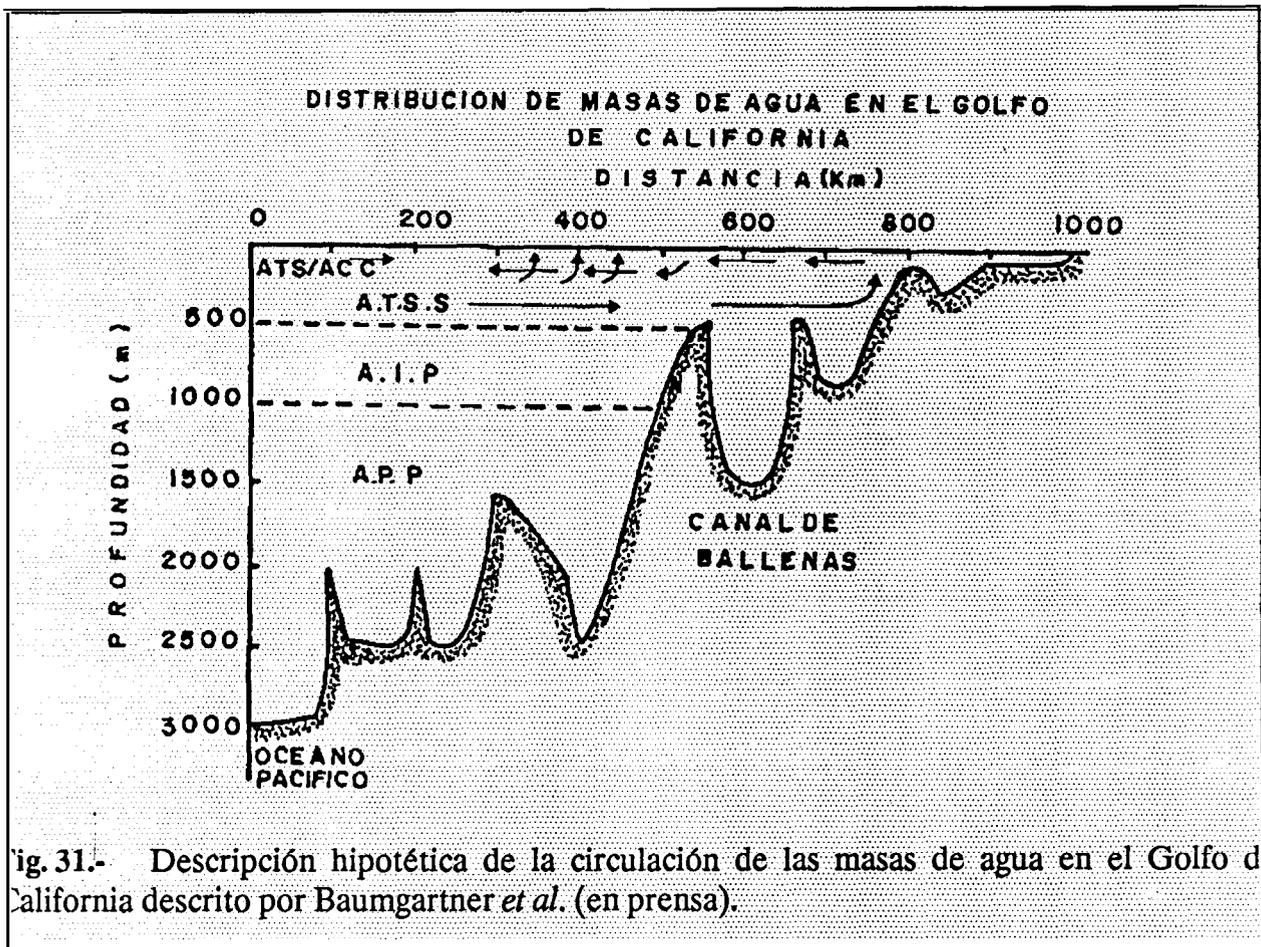
En la figura 30 se muestran los valores promedios de los parámetros medidos en ambos períodos.

La interacción de los diferentes componentes del ecosistema marino del Golfo de California durante los períodos influenciados por el fenómeno ENSO son derivados principalmente de las observaciones del mayor ENSO del siglo que ocurrió en 1982-1983 y aún se encuentran en la fase descriptiva e hipotética. Así para el caso del plancton, se asocia el fenómeno con altas concentraciones de biomasa clorofiliana y alta productividad primaria (Valdéz Holguín y Lara Lara, 1987; Baumgartner et al., 1985; Baumgartner *et al.*, en prensa). Lara Laray Valdéz Holguín (1987) y Lara Lara *et al.* (en prensa) hipotetizan que este resultado es debido a la baja presión de pastoreo zooplanctónico o bien a un aumento en las especies tropicales y subtropicales durante el ENSO, las que en condiciones de alta irradiancia y nutrientes,



desarrollan alta producción por unidad de clorofila ^a. Baumgartner et al. (en prensa) apoyado en los trabajos de Baumgartner y Christensen (1985), Robles y Marinone (1987) y sus propios datos, sugieren que existen tres escalas de fuerzas que interactúan para controlar los niveles y patrones de la producción primaria en el Golfo de California durante los períodos ENSO. En primer lugar, las fuerzas a escala global asociadas al ENSO (advección de aguas cálidas en forma de ondas tipo Kelvin); en segundo lugar, una fuerza de escala intermedia derivada de los vientos (cambio del flujo geostrofico) y, en tercer lugar, una fuerza local manifestada por las surgencias costeras. La mayor productividad es, de acuerdo a estos autores, debido a una mayor advección de aguas subtropicales subsuperficiales - ricas en nutrientes - hacia el Golfo, las cuales son llevadas hacia la superficie por los procesos de surgencias asociados a los vientos locales (Fig. 31). De esta forma, concluyen, el Golfo actúa como un sistema quimiostático donde la mayor advección que ocurre durante el ENSO es el flujo horizontal subsuperficial de nutrientes.

Los resultados de este estudio muestran 2 condiciones marcadamente diferentes en la cantidad de biomasa **particulada** que bien podrían **deberse** a las variaciones "normales" espacio-temporales de la composición bioquímica del plancton. Sin embargo el hecho de que



un período de estudio coincide con el fenómeno ENSO (1987), involucra el desarrollo y propuesta de otras ideas. Ciertamente es claro y además coincidente con otros resultados (Valdez Holguín y Lara Lara, 1987; Baumgartner *et al.* en prensa), que en el Golfo de California existe mayor biomasa clorofiliana durante los períodos ENSO. Los complejos pigmentarios de los organismos fitoplanctónicos se encuentran estrechamente relacionados a moléculas proteicas (Prezelin, 1981) por lo que al incremento en la biomasa clorofiliana es de esperarse un incremento en la biomasa proteica en acuerdo a nuestros resultados. Sin embargo si consideramos la cantidad de proteínas por unidad de clorofila ^a, la cual puede calcularse utilizando el valor de la pendiente de la ecuación de regresión entre la clorofila ^a y las proteínas (Lancelot-Van Beveren, 1980), observamos que existe casi el doble de proteínas por unidad de clorofila ^a en el período de 1987 en comparación de 1984 (Fig. 32). Esta observación señala que el incremento proteico no fue proporcional al incremento pigmentario sino que algunas condiciones propias asociadas al evento ENSO promovieron una síntesis proteica extra.

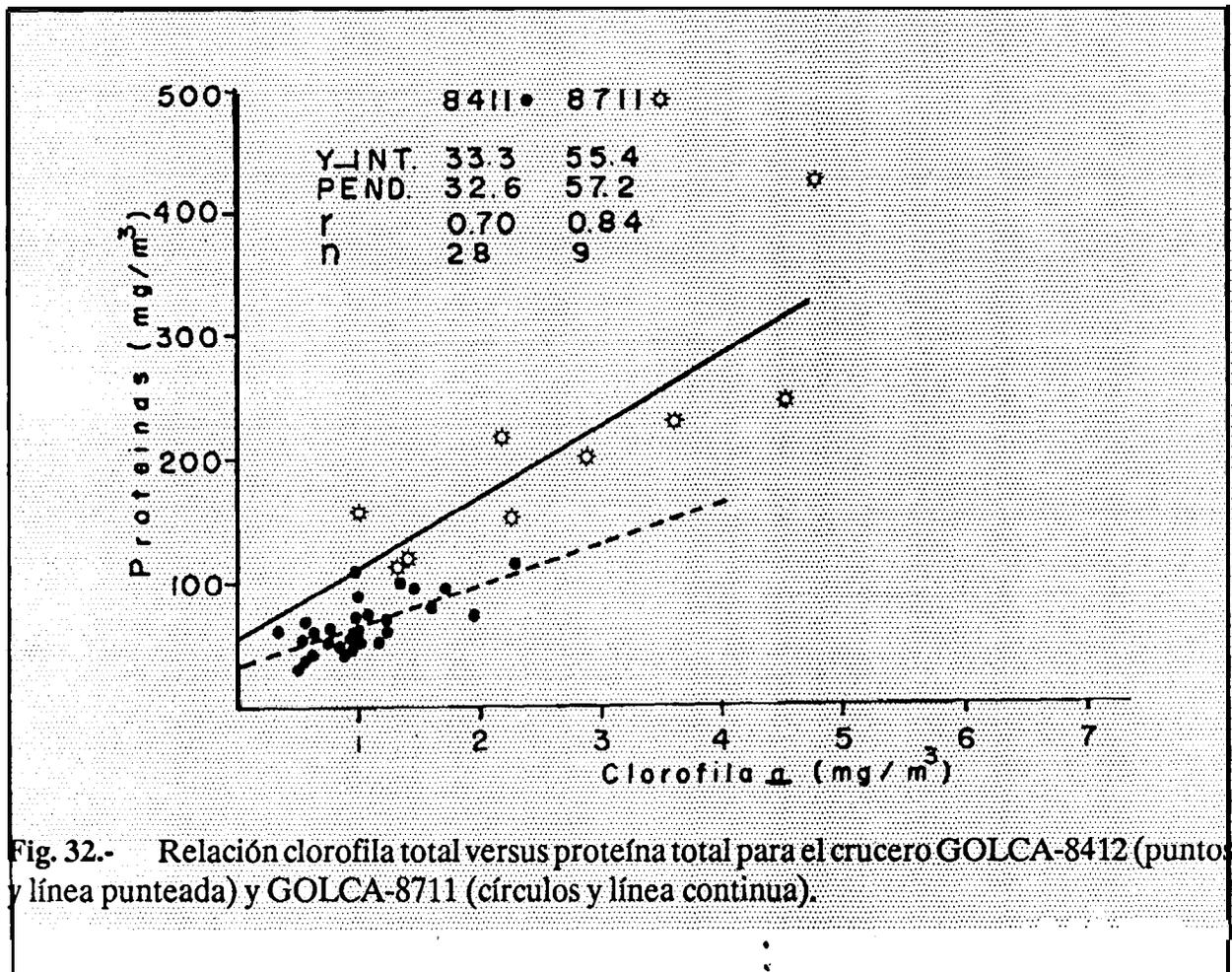


Fig. 32.- Relación clorofila total versus proteína total para el crucero GOLCA-8412 (puntos y línea punteada) y GOLCA-8711 (círculos y línea continua).

Los factores que alteran la producción de **proteínas** en el fitoplancton son principalmente la cantidad (Barlow 1982 a,b; Lean et al., 1989; Rivkin, 1989) y calidad (Lechuga Devéze, 1982; Rivkin, 1989) de la luz y los nutrientes, principalmente la fuente de nitrógeno. Lechuga Devéze (1982), Gostan *et al.* (1986) y Claustre y Gostan (1987), **analizan** el efecto de la intensidad de la luz en la composición bioquímica del fitoplancton y encuentran que la síntesis de proteínas mantiene tasas constantes, casi independientes de la irradiación fotosintéticamente activa y que esta tasa **sólo** es afectada a intensidades muy bajas comparada con la de los carbohidratos. El efecto espectral (calidad) también ha sido estudiado por varios investigadores quienes han observado que a una misma absorción de fotones se promueve una mayor síntesis proteica en luz azul comparada con la luz blanca. Los trabajos de Hauschild et al. (1962a,b), Kowallik (1962,1967,1969) y Pickett y French (1967), señalan estos efectos espectrales y plantean la posibilidad de que algunas reacciones de **carboxilación** sean estimuladas por longitudes de onda específicas como sería el caso de la fosfofenol-piruvato carboxilasa -enzima involucrada en la beta-carboxilación- y que aparentemente incrementa su actividad bajo cortas longitudes de onda. El efecto de las sales nutritivas en la síntesis proteica ha sido abordado tanto en

laboratorio como en el campo y se ha encontrado que principalmente el nitrógeno altera los patrones de fijación del carbono asimilado durante la **fotosíntesis**. Fogg (1956, citado por Morris et *al.*, 1974) y Thomas et al. (1984a,b,c) demuestran que en condiciones limitantes de nitrógeno la **síntesis** proteica disminuye. Así por ejemplo, el alga *Phaeodactylum tricornutum* contiene 55% de **proteína** celular en condiciones no limitantes de nitrógeno y solo el 25% en condiciones de deficiencia (Thomas et *al.*, 1984a). Barlow (1980, 1982a,b, 1984) y Priscu y Priscu (1984) demuestran también una disminución en las **proteínas** en zonas de surgencias **después** del agotamiento del nitrato. La reducción de los niveles de **proteína** originada por una deficiencia en nitrógeno, provoca una modificación del metabolismo del fitoplancton hacia la formación de carbohidratos (Thomas et *al.*, 1984 a,b,c). Estas observaciones son perfectamente reproducibles en condiciones controladas; evidentemente el medio marino representa un sistema complejo con la interacción de diversos tipos de **partículas** orgánicas (Lechuga Devéze et *al.*, en prensa a) que influyen en las determinaciones de biomásas. Sin embargo, nuestros datos permiten inferir que las causas que originan el incremento de proteína y disminución de carbohidratos por unidad de clorofila **a**, pueden estar influenciados por el flujo de nitrógeno durante los eventos **ENSO**. Baumgartner *et al.* (en prensa) señalan que el Golfo de California actúa como un quiniostato donde la **advección** hacia los polos, que ocurre durante el **ENSO** se traduce en un incremento en el flujo horizontal subsuperficial de nutrientes hacia los sitios de formación de agua del Golfo. Esta condición crea un incremento de nutrientes y en la **producción** primaria (Valdez Holguín y Lara Lara, 1987; Baumgartner et *al.*, en prensa) y parece, además, que promueve una modificación en la actividad metabólica del fitoplancton que permite un incremento en la concentración de proteínas celulares por unidad de clorofila **a** en la porción central del Golfo de California.

Es también interesante considerar el enriquecimiento en biomasa **fitoplanctónica** y proteica por unidad de clorofila **a** durante los períodos **ENSO** sugerido por nuestros resultados y su posible **conexión** con las variaciones en el reclutamiento de la sardina en el Golfo de California. Huato Soberanis y Lluich Belda (1987), sugieren que ciclos de 5 años o más en el nivel medio del mar y temperatura media superficial asociadas al **ENSO** en el Golfo de California se reflejan en un mayor reclutamiento de la sardina (*Sardinops sagax caureleus*) como lo sugiere el ciclo en la longitud promedio de la captura comercial histórica. Antes de intentar relacionar los resultados anteriores, creo interesante hacer una breve nota de lo que se conoce acerca de la relación alimento-depredador.

Estudios recientes han demostrado que aparte de la concentración del alimento, otras características como composición bioquímica (Cowles et al., 1988; Butler et *al.*, 1989; De Mott,

1989), tamaño (Femandez 1979b) y “sabor” (Poulet y Marsot, 1978; De **Mott**, 1986) son parámetros **intrínsecos** en la selección e ingestión de este por parte de los predadores. Lasker y **Sweifel** (1978), Smith (1974) y Matsuschita et *al.* (1988), entre otros, han señalado que es fundamental que el alimento se encuentre a una concentración tal que la larva pueda tener un balance positivo entre la energía consumida en ataques, con los éxitos en la captura. También señalan que el alimento debe llenar ciertos requisitos de tamaño, **energía** y densidad. Por ejemplo, **Las** larvas pequeñas de *Engraulis mordax* tienen una mayor selectividad hacia partículas pequeñas (Hunter, 1974). En el caso de los copépodos, Cowles et al. (1988) encuentran que la tasa de ingestión se dobla cuando se alimenta de células en fase de crecimiento logarítmico, comparado con las que se alimentaron con células en fase estacionaria y sugieren que estos organismos **máximizan** la ingestión de compuestos nitrogenados (proteína total o nitrógeno) resultando en una mayor asimilación de proteínas. Butler et *al.* (1989) encuentran resultados similares para organismos de agua dulce. En cuanto al tamaño se ha reportado que en general los organismos seleccionan las células o agregados mayores (Femandez, 1979b,c; De Mott, 1988; Berggreen et al., 1988). Aunque los requerimientos alimenticios de larvas y juveniles de la sardina *-Sardinops sagax caureleus-* son desconocidos, existen trabajos que hacen suponer que los parámetros intrínsecos al desarrollo individual y poblacional (crecimiento, asimilación, reproducción, etc.) en organismos marinos son limitados por el nitrógeno de sus dietas (Checkley, 1980; **Roman**, 1984; citados en Napp, 1988a; Cowles et *al.*, 1988 ; Kiorboe, 1989 para invertebrados y Bower, 1979; **1980, 1981** citados en Mann, 1989 para peces). Aunque es claro que las respuestas al alimento son especie dependientes y que están gobernadas por múltiples factores, las larvas de especies en la cual la sobrevivencia larval depende de su rápido crecimiento, la **proteína** de sus dietas **debe** jugar un papel preponderante en su desarrollo. Otros autores han sugerido la variabilidad del carbohidrato como un factor involucrado en las fluctuaciones poblacionales que presenta la sardina en el tiempo (Lechuga **Devéze** et *al.*, en prensa a,b).

Así pues, considerando lo anterior, podemos asociar nuestros resultados con los de Huato Soberanis y **Lluch Belda** (1987) de la siguiente manera: Alta producción primaria + Alta biomasa **fitoplanctónica** + alta proteína por unidad de clorofila ^a = alto reclutamiento, para los períodos influenciados por el fenómeno **ENSO**.

Los resultados anteriores representan el primer reporte de los coeficientes **proteínas/clorofila** ^a y **carbohidratos/clorofila** ^a para el Golfo de California y deben tratarse con cautela debido a las características inherentes aun muestreo sinóptico. Trabajos de mayor

amplitud temporal y geográfica podrán ayudar al mejor conocimiento de este importante fenómeno de influencia mundial.

De manera general, y bajo todas las consideraciones hechas en este trabajo, es posible suponer que los procesos **físico-químicos** que afectan las masas de agua y circulación oceánica del Golfo de California, tienen un efecto sobre la distribución y composición bioquímica del material orgánico particulado. Un efecto parece ser recurrente y posiblemente tenga una estrecha relación con la magnitud y áreas de captura de la sardina del Golfo. A un nivel local, las **características** físicoquímicas de las masas de agua que producen un incremento en la concentración y calidad de las partículas orgánicas, pueden tener relación con los desplazamientos migratorios de la sardina. A un nivel global, los efectos del fenómeno **ENSO** que promueven este aumento en concentración y calidad de **partículas** orgánicas, se traduce en un incremento en el reclutamiento de la sardina.

Resumiendo lo anterior, se propone la siguiente hipótesis: El **avance** y retroceso estacional de las masas de agua, así como los procesos de enriquecimiento nutritivo en el Golfo de California, provocan la formación de zonas que crean ambientes propicios para la **formación** y acumulación de partículas orgánicas de diferente tipo, **tal** y composición bioquímica. En Verano-Otoño, el encuentro del agua de la región del Canal de Ballenas con la región central forma una zona de choque. Esta condición crea un ambiente propicio para la acumulación del material particulado que quizá sea explotado por la sardina. En Invierno, se debilita la penetración del agua tropical superficial, y la influencia del agua del Canal de Ballenas se extiende hacia la costa de Sonora y Sinaloa lo cual permite, aunado a los procesos de surgencias, la **proliferación** del material particulado y tal vez, el desplazamiento de la sardina que sigue el ambiente alimenticio óptimo. Así, los desplazamientos, y por lo tanto la magnitud de las áreas de captura de la sardina, se pueden relacionar con las variaciones en la magnitud de la influencia de estas masas de agua. El reclutamiento, por otro lado, estaría en función de la calidad bioquímica de la partícula y su cantidad, la cual aparentemente está influenciada por los eventos globales como el **ENSO**.

VI. CONCLUSIONES

Los resultados anteriores nos **permiten** concluir lo siguiente:

1.- El Golfo de California presenta una gran variabilidad en espacio y tiempo de la concentración de los indicadores de biomasa del material orgánico particulado y valores menores a los reportados para zonas de surgencia como la **corriente** de Benguela en Sudáfrica.

2.- La distribución y abundancia de los diferentes indicadores de biomasa están influenciados por la estructura física de la masa de agua, lo cual apoya lo descrito en trabajos previos.

3.- Existe una cantidad de material orgánico particulado no **fitoplanctónico** que compite en calidad y cantidad con el material fitoplanctónico lo cual **confirma** la existencia de una fuente potencial de alimento de importancia desconocida en la cadena **trófica** pero reconocida.

4.- Existe una mayor biomasa clorofiliana y proteica **durante** la influencia del período ENSO 1986-1988 lo cual apoya trabajos previos.

5.- Existe un aparente enriquecimiento de la **proteína** por unidad de clorofila ^a que posiblemente sea una consecuencia del evento **ENSO** 1986-1988 y que apoya la hipótesis de Baumgartner et *al.* (en prensa) del efecto del **ENSO** en el Golfo de California.

6.- Existe una distribución diferencial del material orgánico particulado en la columna de agua lo cual confirma resultados de otros autores.

BIBLIOGRAFÍA

ALVAREZ BORREGO, S., J.A. RIVERA, G. GAXIOLA CASTRO, M.D. ACOSTA RUIZ Y R.A. SCHWARTZLOSE. 1978. Nutrientes en el Golfo de California. *Cienc. Mar.* 5(2):53 -71.

ALVAREZ BORREGO, S. Y R.A. SCHWARTZLOSE. 1979. Masas de agua del Golfo de California. *Cienc. Mar.* 6(2):43-63.

ALVAREZ BORREGO, S. 1983. Gulf of California. En: **Ketchum** (ed). *Estuaries and enclosed seas*. capítulo 17. Elsevier, New York. 427-449.

- ALVAREZ BORREGO, S. Y G. GAXIOLA CASTRO. 1988. Photosynthetic parameters of northern Gulf of California phytoplankton. *Cont. Shelf Res.* **8**(1):37-47.
- ALVAREZ BORREGO, S. Y R. LARA LARA. (EN PRENSA). The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. *The Gulf and peninsular province of the Californias*. Mem. of the Am. Ass. Petrol. Geol.
- ANDERSON, S.M. Y O.A. ROELS. 1981. Effects of light intensity on nitrate and nitrite uptake and excretion by *Chaetoceros curvisetus*. *Mar. Biol.* **62**:257-261.
- ANTIA, N.J., C.D. McALLISTER, T.R. PARSONS, K. STEPHENS Y J.D.H. STRICKLAND. 1963. Further measurements of primary production using a large-volume plastic sphere. *Limnol. Oceanogr.* **8**:166-183.
- AYALA ROCHA, B. 1988. Proteínas y carbohidratos del fitoplancton y su significado ecológico en la ensenada de La Paz, B.C.S. Tesis Univ. *Auton. Baja Calif. Sur* **62p**.
- AZAM, F., T. FENCHEL, J.C. FIELD , J.S. GRAY, LA. MEYER REIL Y F. THINGSTAND. 1983. The ecological role of water-column microbes in the sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **10**:257-263.
- BADAN DANGON, A., C.J. KOBLINSKY Y T. BAUMGARTNER. 1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. *Oceanol. Acta* **8**(1): 13-22.
- BANSE, K. 1977. Rates of growth, respiration and photosynthesis of unicellular algae as related to cell size. A review. *J. Phycol.* **12**: 135-140.
- BARLOW, R.G. 1980. The biochemical composition of phytoplankton in an upwelling region off South Africa. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **45**:83-93.
- BARLOW, R.G. 1982a. The biochemical composition of phytoplankton in an upwelling region of South Africa: 1. Biochemical composition. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **63**:209-227.
- BARLOW, R.G. 1982b. Phytoplankton ecology in the southern Benguela current: II. Carbon assimilation pattern. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **63**:229-237.

- BARLOW, R.G. 1982c. Phytoplankton ecology in the southern Benguela current: III. Dynamics of a bloom. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **63**:239-248.
- BARLOW, R.G. 1984a. Dynamics of a decline of phytoplankton bloom after an upwelling event. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **16**: 121-126.
- BARLOW, R.G. 1984b. Physiological response of phytoplankton to turbulent and stable environments in an upwelling region. *J. Plankton Res.* **6**(3):385-397.
- BAUMGARTNER, T. Y N. CHRISTENSEN. 1985. Coupling of the Gulf of California to large-scale climatic variability. *J. Mar. Res.* **43**:825-848.
- BAUMGARTNER, T., V. FERREIRA BARTINA, H. SCHRADER Y A. SOUTAR. 1985. A 20 year varve of siliceous phytoplankton variability in the central Gulf of California. *Mar. Geol.* **64**: 113-129.
- BAUMGARTNER, T., J.M. ROBLES, E. VALDEZ, V. FERREIRA Y R. LARA. (en prensa) . Regulation of primary productivity in the Gulf of California by interaction of large scale and local ocean processes. *Progr. Ocean.*
- BAZANGUZMAN, M.C. 1990. Productividad primaria en la parte sur y central del Golfo de California durante el Otoño de 1984. Tesis Lic. *Univ. Auton. Baja Calif.* **71p.**
- BERGGREEN, V., B. HANSEN Y T. KIORBOE. 1988. Food size spectra, ingestion and growth of the copepod *Acartia tonsa* during development: implications for determination of copepod production. *Mar. Biol.* **99**:341-353.
- BERTMAN, T. 1975. Size fractionation of natural aquatic populations associated with autotrophic and heterotrophic carbon uptake. *Mar. Biol.* **33**:215-220.
- BHOSLE, N.B., K. NANDAKUMAR Y K. VENKAT. 1989. Particulate carbohydrates in the bay of Bengal. *Indian J. Mar. Sci.* **18**:71-72.
- BIDDANDA, B.A. 1988. Microbial aggregation and degradation of phytoplankton-derived detritus in seawater. II. Microbial succession. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **42**: 89-95.

- BIDDANDA, B.A. y L.R. POMEROY. 1988. Microbial aggregation and degradation of phytoplankton-derived detritus in seawater. 1. Microbial sucesion. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **40:79-88.**
- BRAY, N.A. 1988. Thermohaline circulation in the Gulf of California. *J. Geophys. Res.* **93(C5):4993-5020.**
- BRAY, N.A. Y J.M. ROBLES. (EN PRENSA). Physical oceanography of the Gulf of California. *The Gulf and peninsular province of the Californias. Mem. Am. Ass. Petrol. Geol.*
- BRINTON, E. Y A.W. TOWNSEND. 1980. Euphasiids in the Gulf of California- the 1957 cruises. CALCOFI Inv. *Rep.* **21:211-236.**
- BRINTON, E., A. FLEMINGER Y D. SIEGEL CAUSEY. 1986. The temperate and tropical planktonic biotas of the Gulf of California. *CALCOFI Inv. Rep.* **28:136-140.**
- BUTLER, N.M., C.A. SUTLER Y W.E. NEILL. 1989. Discrimination by freshwater zooplankton between single algal cells differing in nutritional status. *Oecologia* **78:398-372.**
- CAPERON, J. 1974. A trophic level ecosystem model analysis of the plankton community in a shallow water subtropical estuarine embayment. En: Crown (ed). *Chemistry, biology and the estuarine system. Estuarine Res.* **1:691-709.**
- CAPERON, J., W.A. HARVEY, Y F.A. STEINHILPER. 1976. Particulate organic carbon, nitrogen, and chlorophyll as measures of phytoplankton and detritus standing crops in Kaneohe, Oahu, Hawaiian islands. *Pacific Sci.* **30(4):317-327.**
- CISNEROS MATA, M.A., J.P. SANTOS M., J.A. DEANDA M., A. SANCHEZ PALAFOX Y J.J. ESTRADA 1987. Pesqueria de la sardina en el noroeste de Mexico (1985/86). I.N.P.-CRIP-Guaymas, Son. 79p.
- CLAUSTRE, H. Y J. GOSTAN. 1987. Adaptation of biochemical composition and cell size to irradiance in two microalgae: possible ecological implications. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **40:167-174.**
- CLAUSTRE, H. S.A. POULET, R. WILLIAMS, J.-C. MARTY, S. COOBS, F. BEN MLIH, A. M. HAPETTE Y V. MARTIN JEZEQUEL 1990. A biochemical investigation of a *Phaeocystis* spp bloom in the Irish sea. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* **70:197-207.**

- COLLOS, Y. Y G. SLAWYK. 1976. Significance of **cellular nitrate content** in natural populations of marine phitoplankton growing in shipboard **cultures**. *Mar. Biol.* **34:27-32**.
- COLLOS, Y. Y G. SLAWYK. 1980. **Nitrogen** uptake and assimilation by marine phytoplankton. En: FALKOWSKI (ed). *Primary productivity in the sea. Environmental Sci. Res.* **19:195-211**.
- COOMBS, J., M.W. DARLEY, O. HOLM HANSEN Y B.E. VOLCANI. 1967. Studies on the **biochemistry** and fine structure of **silica shell formation in diatoms**: Chemical composition of *Navicula pellicosa* during silicon-starvation synchrony. *PI. Physiol.* **42:1601-1606**.
- COWLES, T.J., R.J. OLSON Y S.W. CHISHOLM. 1988. Food selection by copepods: discrimination on the basis of food quality. *Mar. Biol.* **100:41-49**.
- CULLEN, J.J. Y R.W. EPPLEY. 1981. Chlorophyll maxima layers of the southern California bight and possible mechanism of formation and maintenance. *Oceanol. Acta.* **4(1):23-32**.
- CUSHING, D.H. 1975. **Marine ecology and fisheries**. Cambrige Univ. Press. **278p**.
- CUSHING, D.H. 1989. A difference in structure between ecosystems in strongly stratified waters and in those that are weakly stratified. *J. Plankton Res.* **II(1):1-13**.
- DEMOTT, W.R.1986. The role of **taste** in food selection by freshwater zooplankton. *Oecologia* **69:334-340**.
- DEMOTT, W.R. 1989. Optimal foraging theory as a predictor of **chemically** mediated food selection by **suspension-feeding** copepod. *Limnol. Oceanog.* **34(1):140-154**.
- DUBOIS, M.K., A. GILLES, J.K. HAMILTON, P.A. REBERS Y F. SMITH. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related **sustances**. *Anal. Chem.* **28:350-356**.
- DORTCH, Q., J.R. CLAYTON, S.S. THORENSEN Y S.I. AHMED. 1984. **Species differences** in acumulation of **nitrogen** pools in phytoplankton. *Mar. Biol.* **81:237-250**.
- DORTCH, Q. Y T.T. PACKARD. 1989. Differences in biomass structure between oligotrophic and eutrophic marine ecosystem. *Deep Sea Res.* **36(2):223-240**.

- FALKOWSKI, P.G. Y D.D. **STONE**. 1975. Nitrate uptake in marine phytoplankton: energy sources and interaction with carbon fixation. *Mar. Biol.* **32:77-84**.
- FALKOWSKI, P.G. 1980. Light-shade adaptation in marine phytoplankton. En: Falkowsky (ed). *Primary productivity in the sea. Environmental Scienc. Res.* **19:99-119**. Plenum Press (New York).
- FENCHEL, T. 1988. Marine plankton food chains. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 19: 19-38.
- FERNANDEZ, F. 1979a. Nutrition studies in the nauplius larvae of *Calanus pacificus* (Copepoda:Calanoidea). *Mar. Biol.* **53:131-147**.
- FERNANDEZ, F. 1979b. Particle selection in the nauplius of *Calanus pacificus*. *J. Plankton Res.* **1:313-328**.
- FUHRMAN, J.A, T.D. SLEETER, C.A. CARLSON Y LM. PROCT'OR. 1989. Dominance of bacterial biomass in the Sargasso sea and its ecological implications. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **57:207-217**.
- GARATE LIZARRAGA, I. 1988. Un análisis de la estructura de las asociaciones microfitorplanctonicas de la región central del Golfo de California y su distribución espacial en el otoño de 1986. Tesis Lic. Univ. Aut. Baja Calif. Sur. **89p**.
- GARZA RAMIREZ, L. 1971. Análisis del contenido de proteínas, grasas y cenizas del plancton de Guaymas. Trabajo de invest. Inst. **Tecnol. Est.** Super. Monterrey **Esc. Cienc. Maritimas y Alimentarias-Guaymas**, Son. 28 p.
- GAXIOLA CASTRO, G. Y S. ALVAREZ BORREGO. 1986. Primary productivity of the mexican pacific ocean. *Cienc. Mar.* **12(3):26- 33**.
- GILBERT, J.Y. Y W.E. ALLEN. 1943. The fitoplankton of the Gulf of California obtained by the "E. W. SCRIPPS" in 1939 and 1940. *J. Mar. Res.* **5(2):89-110**.
- GILMARTIN, M. Y N. REVELANTE. 1978. The phytoplankton characteristics of the barrier island lagoons of the Gulf of California. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **7(1):29-47**.
- GRIFFITHS, R.C. 1968. Physical, chemical and biological oceanography of the entrance of the Gulf of California, spring of 1960. U.S. *Fish. Serv. Sci. Rep. Fish.* **573:47p**.

- GOSTAN, J., C. LECHUGA DEVEZE Y L. LAZZARA. 1986. Does blue light affect the growth of *Chaetocerosprotuberants* (Bacillariophyceae)?. *J. Phycol.* **22**:63-71.
- HAMMANN, M.G., T.R. BAUMGARTNER Y A. BADAN DANGON. 1988. Coupling of the sardine (*Sardinops sagax caeruleus*) life cycle with the Gulf of California pelagic environment. *CALCOFI Rep.* **17**: 102-109.
- HAMMANN. M.G.(en prensa). Spawning habitat and egg and larval transport and their importance to recruitment of Pacific sardine, *Sardinops sagax caeruleus*, in the Gulf of California. *Mem. Inter. Simp. on the long term variability of pelagic fish populations and the environment.* 14-18 de Nov. 1989; Sendai, Japon.
- HARRIS, H.P. 1986. *Phytoplankton ecology, structure, function and fluctuation.* Univ. Press Cambridge. 384p
- HAUSCHILD, A.H.W., C.D. NELSON Y G. KROTKOV. 1962a. The effect of light quality on the products of photosynthesis in *Clorella vulgaris*. *Can. J. Bot.* **40**:179-189.
- HAUSCHILD, A.H.W., C.D. NELSON Y G. KROTKOV. 1962b. The effect of light quality on the products of photosynthesis in green and blue-green algae, and in photosynthetic bacteria. *Can. J. Bot.* **40**:1619-1630
- HANDA, N. Y K. YANAGI. 1969. Studies on water-extractable carbohydrates of the matter from the northwest Pacific ocean. *Mar. Biol.* **4**: 197-207.
- HEINLE, D.R., R.P. HARRIS, J. FUSTACH Y D.A. FLEMER. 1977. Detritus as food for estuarine copepods. *Mar. Biol.* **40**:341-353.
- HERNANDEZ BECERRIL, D. 1987. Vertical distribution of phytoplankton in the central and northern part of the Gulf of California (june 1982). P.S.Z.N.I.: *Mar. Ecol.* **8**(3):237-251.
- HITCHCOCK, G.L. 1982. A comparative study of the size-dependent organic composition of marine diatoms and dinoflagellates. *J. Plankton Res.* **4**(2):363-377.
- HITCHCOCK, G.L. 1983. Photosynthate partitioning in cultured marine phytoplankton. I. dinoflagellates. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **69**:21-36.

- HOBSON, LA. 1967. The seasonal and vertical distribution of suspended particulate matter in the area off the northeast Pacific ocean. *Limnol. Oceanogr.* **12:642-649.**
- HOUDE, S.E. Y M.R. ROMAN. 1987. Effects of food quality on the functional ingestion response of the copepod *Acartia tonsa*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **40:69-77.**
- HUATO SOBERANIS, L Y D. LLUCH BELDA. 1987. Mesoscale cycles in the series of environmental indices related to the sardine fishes in the Gulf of California. *CALCOFI Inv. Rep.* **28: 128-134.**
- HUNTER, J.R. 1974. Feeding ecology. En: Blaxter (ed). *The early life history of fish*. Springer-Verlag (New York). **34-37p.**
- HUNTER, J.R. 1977. Behavior and survival of Northern anchovy *Engraulis mordax* larvae. *CALCOFI Inv. Rep.* **19:138-146.**
- HUNTER, J.R. Y C.A. KIMBRELL. 1980. Early life history of Pacific mackerel, *Scomber japonicus*. *U.S. Fish. Bull.* **78:89-101.**
- HUNTLEY, M.E., P. CIMINIELLO Y M.D.G. LOPEZ. 1987. Importance of food quality in determining development and survival of *Calanus pacificus* (Copepoda: Calanoidea). *Mar. Biol.* **95: 103-113.**
- JEFFREY, S.W. Y G.F. HUMPHREY, 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in algal, phytoplankton and higher plants. *Biochem. Physiol. Pflanz. B. P. P.* **167:191-194.**
- KAROLY, D.J. Y B. LAVERY. 1989. The 1986-1988 ENSO event. *Trop. Ocean-Atmosphere Newsletter* **49: 1-2.**
- KIORBOE, T. 1989. Phytoplankton growth rate and nitrogen content: Implication for feeding and fecundity in a herbivorous copepod. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **55:229-234.**
- KOWALLIK, W. 1962. Über die wirkung des blauen und roten spektralbereichs auf die zusammensetzung und zellteilung synchronisierter chlorellen. *Planta* **58:337-365.**
- KOWALLIK, W. 1967. Action spectrum for an enhancement of endogenous respiration by light in *Chlorella*. *Plant. Physiol.* **42:672-676.**

- KOWALLIK, W. 1969. Der **einfluss** von licht **auf die** atmung von Chlorella beigehemmter photosynthese. *Planta*. **86:50-62**.
- LANCELOT, C. 1979. **Gross** excretion rates of natural marine phytoplankton and heterotrophic uptake of **excreted products** in the southern North Sea, as determined by short-term kinetics. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **1:179-186**.
- LANCELOT VAN BEVEREN, C. 1980. A statistical method to **estimate** the biochemical composition of phytoplankton **in** the southern bight of the north sea. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **10:467-478**.
- LANDER, M.A. 1989. A **comparative** analysis of the 1987 **ENSO** event. *Trop. Ocean-Atmosphere newsletter* **49:3-6**.
- LARA LARA, R.J. Y J.E. VALDEZ HOLGUIN. 1988. Biomasa y productividad primaria en el Golfo de California por fracción de tamaños durante primavera de 1984. *Cienc. Mar.* **14(1):1-14**.
- LARA LARA, R.J., J.E. VALDEZ HOLGUIN, C. **BAZAN GUZMAN Y J.L. LARA OSORIO**. (EN PRENSA). Primary productivity **in** the Gulf of California during 1983-1985. The **ENSO** effects. *Chapman Conference on el NIÑO: An International Symposium*. Guayaquil, Ecuador Octubre 27-31, 1986.
- LARSSON, U. Y A. HAGSTROM. 1982. Fractionated phytoplankton primary production, **exudate** relate and **bacterial** production **in** a Baltic eutrophication gradient. *Mar. Biol.* **67:57-70**.
- LASKER, R. 1975. Field **criteria** for survival of **anchovy larvae**: the relation between inshore chlorophyll maxima layer and **successful first feeding**. *Fish. Bull.* **73:453-462**.
- LASKER, R. Y J.R. SWEIFEL. 1978. Growth and survival of **first** feeding northern **anchovy larvae** (*Engraulis mordax*) **in** patches containing different proportions of **large** and **small** prey. En: Steel (ed). *Spatial patterns in plankton communities*. NATO Conference Ser. Plenum Press (New York). 470p.
- LEAN, D. R. S., R. L. CUHEL Y M. N. CHARLTON. 1989. Protein synthesis: a **measure** of growth for lake plankton. *Hidrobiologia* **173: 119-126**.

- LECHUGA DEVEZE, C.H. 1982. **Influence** de l'éclaircissement énergie et composition spectrale sur les **compartiments** protéines et **glucides d'une** diatomée pélagique et du phytoplankton marin. Tesis doctoral de tercer ciclo. **L'universite** Pierre et Marie Curie. Francia. 147p.
- LECHUGA DEVEZE, C.H., B. AYALA ROCHA, E.I. GARATELIZARRAGA. (en prensa a) Proteínas, carbohidatos y clorofila a de la materia **orgánica** particulada en tres diferentes ambientes oceánicos: mar de Portugal, Golfo de California y NW de Baja California. **Anal. Inst. Cienc. Mar Limnol.** 16(1).
- LECHUGA DEVEZE, C.H., J. BUSTILLOS GUZMAN Y D. **LOPEZ** CORTES. (en prensa b). Proteínas y **carbohidatos** de la materia orgánica **particulada** fotosintética y no fotosintética de la costa Occidental de Baja California Sur. **Anal. Inst. Cienc. Mar limnol.**
- LEIBY, M.M. 1984. Life history and ecology of **pelagic** fish eggs and **larvae**. En: Steidinger y Walker (eds). **Marine plankton life cycles strategies**. CRC Press, Inc. 158p.
- LLUCH BELDA, D., F.J. MAGALLON Y R.A. SCHWARTZLOSE. 1986. **Large** fluctuation in the sardine fishery in the Gulf of California. **CALCOFI rep.** 27:136-140.
- LOPEZ CORTES, D., LECHUGA DEVEZE, C.H. Y J. **BUSTILLOS** GUZMAN. (en prensa). Atlas de variables bioquímicas de la costa occidental de Baja California Sur, cruceros PAC-8707, PAC-8710 y del Golfo de California, cruceros GOLCA-8709, GOLCA-8711 y GOLCA-8802. **Atlas CICIMAR** no. 9.
- LOWRY, O.H., N.J. ROSEBROUGH, A.L. FARR Y R.J. **RANDAL**. 1951. Protein measurement with folin reagent. **J. Biol. Chem.** 193:265- 275.
- MAITA, Y. Y M. YANADA. 1978. Particulate protein in **coastal** waters, with **special** reference to seasonal variation. **Mar. Biol.** 44:329-336.
- McALLISTER, C.D. T.R. PARSON Y J.D.H. STRICKLAND. 1960. Primary productivity and fertility at estation "P" in the northeast **Pacific ocean**. **J. Cons. Internat. Explor. Mer.** 25:240-259.
- McISAAC, J.J., R.C. DUGDALE, R.T. BARBER, D. **BLASCO** Y T.T. PACKARD. 1985. Primary production **cycle** in an upwelling center. **Deep Sea Res.** 32(5):503-529.

- MALARA, G. Y R. CHARRA. 1972a. Dosage des protéines particulières selon la méthode de Lowry. Nota interna de trabajo no. 5. Station Zoologique de Villefranche-Sur-Mer. 7p.
- MALARA, G. Y R. CHARRA. 1972b. Dosage des **glucides** particulières du phytoplancton selon la méthode de Dubois. Nota interna de trabajo no. 6. Station Zoologique de Villefranche-sur-Mer. 7p.
- MALONE, T. 1971. The relative importance of narmoplankton **and** netplankton as primary producer in the California current system. *Fish. Bull.* **69(4):799-820.**
- MALONE, T. 1980. Size fractionated **primary** productivity of marine phytoplankton. En: Falkowski (ed). *Primary productivity in the sea. Environmental Sci. Res.* **19: 301-1 19.** Plenum Press (New York).
- MANN, K.H. 1988. Production and use of detritus in **various** freshwater estuarine and coastal marine ecosystems. *Limnol. Oceanog.* **33(4,parte 2):910-930.**
- MATSUSCHITA, K., M. SHIMISU Y Y. NOSE. 1988. Food density **and** rate of feeding larvae of anchovy and sardine in patchy distribution. *Nippon Suisan Gakkaishi* **54(3):401-411.**
- MIKLESTAD, S. 1974. Production of carbohydrates by marine **planktonic** diatoms. 1. Comparison of nine different species in culture. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 15261-274.
- McCARTHY, JJ. 1980. Nitrogen. En: Morris (ed). *The physiological ecology of phytoplankton. Studies in Ecology* **7: 191-233.** Univ. Calif. Press (USA).
- MORRIS, I., H.E. GLOVER Y C.S. YENTSCH. 1974. **Products** of photosynthesis by marine phytoplankton: the effect of environmental factors on the relative rates of protein synthesis. *Mar. Biol.* **27: 1-9.**
- MORRIS, I. 1981. Photosynthesis **products**, physiological state and phytoplankton growth. En: Platt (ed). Physiological basis of phytoplankton ecology. Can. *Bull. Fish. Aquat. Sci.* **210:83-102.**
- MORRIS, I., H.E. GLOVER Y C.H. YENTSCH. 1974. **Products** of photosynthesis by marine phytoplankton. 1. The effect of environmental factors on the relative rate synthesis. *Mar. Biol.* **27: 1-9.**

- MORRISEY, M.L. Y M.A. LANDER. 1988. Do **equatorial** westerlies precede EL NIÑO ?. *Trop. Otean-Atmosphere Newsletter* **46: 1-5**.
- NANDAKUMAR, K. N.B. BHOSLE, Y AB. WAGH. 1988. Distribution of particulate carbohydrate in the eastern **Arabian** sea along 15 N. *Indian J. Mar. Sci.* **17:238:239**.
- NAPP, J.M. 1986. The vertical distribution **an in situ** feeding of marine particle-grazers in relation to their food, the microplankton. Tesis doctoral. Univ. **Calif.** San Diego. 207 p.
- NAPP, J.M. 1987. Primary productivity maxima in the southern California bight: distribution, predicted depth and **nutritional content**. *Oceanol. Acta* **10(3):329-337**.
- NAPP, J.M., E.R. BROOKS, F.M.H. REID, P. MATRAI Y M.M. MULLIN. 1988a. Vertical distribution of marine **particles** and grazers. I. Vertical distribution of food **quality** and quantity. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **50:45-58**.
- NELSON, M.D. Y C.H. LEE. 1979. Effects of the light **regime on** nutrient assimilation by phytoplankton in the Baja California and northwest Africa **upwelling** system. *J. Mar. Res.* **37(2):301-318**.
- PAFFENHOFER, G.A. Y G.D.H. STRICKLAND. 1970. A note on the feeding of *Calanus helgolandicus* on detritus. *Mar. Biol.* **5:97-99**.
- PARSON, T.R., K. STEPHENS Y J.D.H. STRICKLAND. 1961. **On the chemical** composition of eleven **species** of marine phytoplankters. *J. Fish. Res. Bd Can.* **18:1001-1016**.
- PARSONS, T.R., M. TAKAHASHI Y B. HARGRAVE. 1984. *Biological oceanographic processes*, 3ra. ed. Pergamon Press. **330p**.
- PICKETT, J.M. Y C.S. FRENCH. 1967. The action spectrum for blue light stimulated oxygen uptake in *Clorella*. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S* **57:1587-1593**.
- POMEROY, L.R. 1974a. The oceans food web, a changing **paradigm**. *Bioscience* **24:499-504**.
- POULET, S.A. Y P. MARSOT. 1978. Chemosensory grazing by marine **calanoid** copepods (Arthropoda: Crustacea). *Science, NY* **200:1403-1405**.

- PREZELIN, B.B. 1981. Light reactions in photosynthesis. En: Platt (ed). *Physiological bases of phytoplankton ecology. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.* **210:1-43.**
- PRISCU, J.C. Y L.R. PRISCU. 1984. Photosynthetate partitioning by phytoplankton in a New Zealand coastal upwelling system. *Mar. Biol.* **81:31-40.**
- RIPA, P. 1990. Seasonal circulation in the Gulf of California. *Annales Geophysicae.* **8 (7-8)** (en prensa).
- RIVKIN R.B. 1989. Influence of irradiance and spectral quality on the carbon metabolism of phytoplankton. 1. Photosynthesis, chemical composition and growth. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **55:291-304.**
- ROBLES, J.M. Y S.G. MARINONE. 1987. Seasonal and interannual thermo-haline variability in the Guaymas basin of the Gulf of California. *Cont. Shelf Res.* **7:715-733.**
- ROBINSON, M.K. 1973. Atlas of monthly mean sea surface and subsurface temperatures in the Gulf of California, Mexico. San Diego Soc. Nat. Hist. Mem. **5:97p.**
- RODEN, G.I. Y G.W GROVES. 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. *J. Mar. Res.* **18(1): 10- 35.**
- RODEN, I.R. 1964. Oceanographic aspects of the Gulf of California. En: Van Andel y Shor jr. (eds). *Marine geology of the Gulf of California: A simposium* Am. Assoc. *Pet. Geol. Mem.* **3:30-58.**
- ROMANKEVICH, E.A. 1984. *Geochemistry of organic matter in the ocean.* Springer-Verlarg Berlin. 217-221.
- ROUND, F.E. 1967. The phytoplankton of the Gulf of California- Part I. Its composition, distribution and contribution to the sediments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **1:76-97.**
- SCHRADER, H. Y T. BAUMGARTNER. 1983. Decadalvariation of upwelling in the central Gulf of California. En: Thiede y Suess (eds). *Coastal Upwelling*, Pt. B. Plenum Publish. Corp. 247-276.
- SEKI, H., J. SKELDING Y T.R. PARSONS. 1968. Observations on the decomposition of a marine sediment. *Limnol. Oceanog.* **13:440-447.**

- SHAILAJA, M.S. Y A. PANT. 1986. Relationship between particulate and extracellular carbon compounds of phytoplankton photosynthesis in a tropical estuary. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 32: 161-167.
- SMITH, P. 1974. Larval anchovy patchiness. En: Blaxter (ed). *The early life history of fish*. Springer-Verlag, New York. 22-31p.
- SOKOLOV, V.A. Y M. WONG RIOS. 1973. Investigaciones efectuadas sobre peces pelágicos del Golfo de California (sardina crinuda y anchoveta) en 1971. *I.N.P./S.I.: Informe científico no.2. Mexico*.
- SOKOLOV, V.A. 1974. Investigaciones biológico pesquero de los peces pelagicos del Golfo de California (sardina monterrey). *CALCOFI Inv. Rep.* 27:92-96.
- STRICIUAND, J.D.H., O. HOLD HANSEN, R.W. EPPLEY Y R.J. LINN. 1969. The use of a deep tank in plankton ecology. 1. Studies of the growth and composition of phytoplankton crops at low nutrients levels. *Limnol. Oceanogr.* 14:23-34.
- SUNDH, I. 1989. Characterization of phytoplankton extracellular products (PDOC) and their subsequent uptake by heterotrophic organisms in a mesotrophic forest lake. *J. Plankton Res.* 11(3):463-486.
- SVERDRUP, H.Y. 1941. The Gulf of California: Preliminary discussion on the cruise of the E.W. Scripps in february and march 1939. 6th. *Pac. Sci. Cong. Proc.* 3:161-166.
- THOMAS, W.H. Y A.W. DODSON. 1968. Effects of phosphate concentration on cell division rates and yield of a tropical oceanic diatom. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab. Woods Hole* 134: 199-208.
- THOMAS, W. H., D. L. R. SEIBERT, M. ALDEN, A. NEORI Y P. ELDRIDGE. 1984a. Yields, photosynthetic efficiencies and proximate composition of dense marine microalgal cultures. 1. Introduction and *Phaeodactylum tricornutum* experiments. *Biomass* 5:181-209.
- THOMAS, W. H., D. L. R. SEIBERT, M. ALDEN, A. NEORI Y P. ELDRIDGE. 1984b. Yields, photosynthetic efficiencies and proximate composition of dense marine microalgal cultures. II. *Dunaliella primolecta* and *Tetraselmis suecica* experiments. *Biomass* 5:211-225.

- THOMAS, W. H., D. L. R. SIEBERT, M. ALDEN, A. NEORI Y P. ELDRIDGE. 1984c. Yields, photosynthetic efficiencies and proximate composition of dense marine microalgal cultures. III. *Isochrysis* sp and *Monallantus salina* experiments and comparative conclusions. ***Biomass* 5:299-316.**
- UNESCO. 1984. Ocean science for the year 2000. A report on an inquiry by the scientific committee on oceanic research and the advisory committee on marine resources research for the Intergovernmental Oceanographic Commission and UNESCO. 95p.
- VALDEZ HOLGUIN, J.E. Y R. LARA LARA. 1987. Productividad primaria en el Golfo de California: efectos del evento El NIÑO 1982-1983. *Cien. Mar.* **13(2):34-50.**
- VALERO GAMBOA, M. 1981. Diatomeas del Golfo de California, abundancia y distribución. Tesis Univ. Nal. Aut. Mex. 50p.
- VANDERPLOEG, H.A., G.-A. PAFFEHOFFER Y J.R. LIEBIG. 1988. *Diaptomus* vs. net phytoplankton: effects of algal size and morphology on selectivity of a behaviorally flexible, omnivorous copepod. ***Bull. Mar. Sci.* 43:377-394.**
- WALLEN, D.G. Y G.H. GEEN. 1971a. Light quality and concentration of proteins, RNA, DNA, and photosynthetic pigments in two species of marine plankton algae. ***Mar. Biol.* 10:44-51.**
- WALLEN, D.G. Y G.H. GEEN. 1971b. The nature of the photosynthate in natural phytoplankton populations in relation to light quality. ***Mar. Biol.* 10:157-168.**
- WALLEN, D.G. Y G.H. GEEN. 1971c. Light quality in relation to growth, photosynthetic rates and carbon metabolism in two species of marine plankton algae. ***Mar. Biol.* 10:34-43.**
- WIEBE, W.J. Y C.W. HENDRICKS. 1977. Distribution of heterotrophic bacteria on a transect of the Antarctic ocean. En: Cowell y Morita (eds). ***Effect of the ocean environment on microbial activities.*** Univ. Park Press 535p.
- WYRTKI, K. 1967. Circulation and water masses in the Eastern Equatorial Pacific ocean. ***Int. J. Oceanol. Limnol.* 1: 117-147**
- WONG RIOS, M. 1974. Biología de la sardina del Golfo de California. ***CALCOFI Inv. Rep.* 17:97-100.**

- ZAR, J.H. 1984. *Bioestatistical analysis*. Prentice-Hall. 2da. ed. **718p**.
- ZEITZSCHELL, 1969. Primary productivity in the **Gulf** of California. *Mar. Biol.* **3:201-207**.
- ZEITZSCHELL, B. 1970. The quality, composition and **distribution** of suspended particulate matter in the Gulf of California. *Mar. Biol.* **7:305-318**.
- ZLONIK, I. Y Z. DUBINSKY. 1989. The effect of light **and** temperature **on DOC** excretion by phytoplankton. *Limnol. Oceanog.* **34(5): 831-839**.

ANEXO I

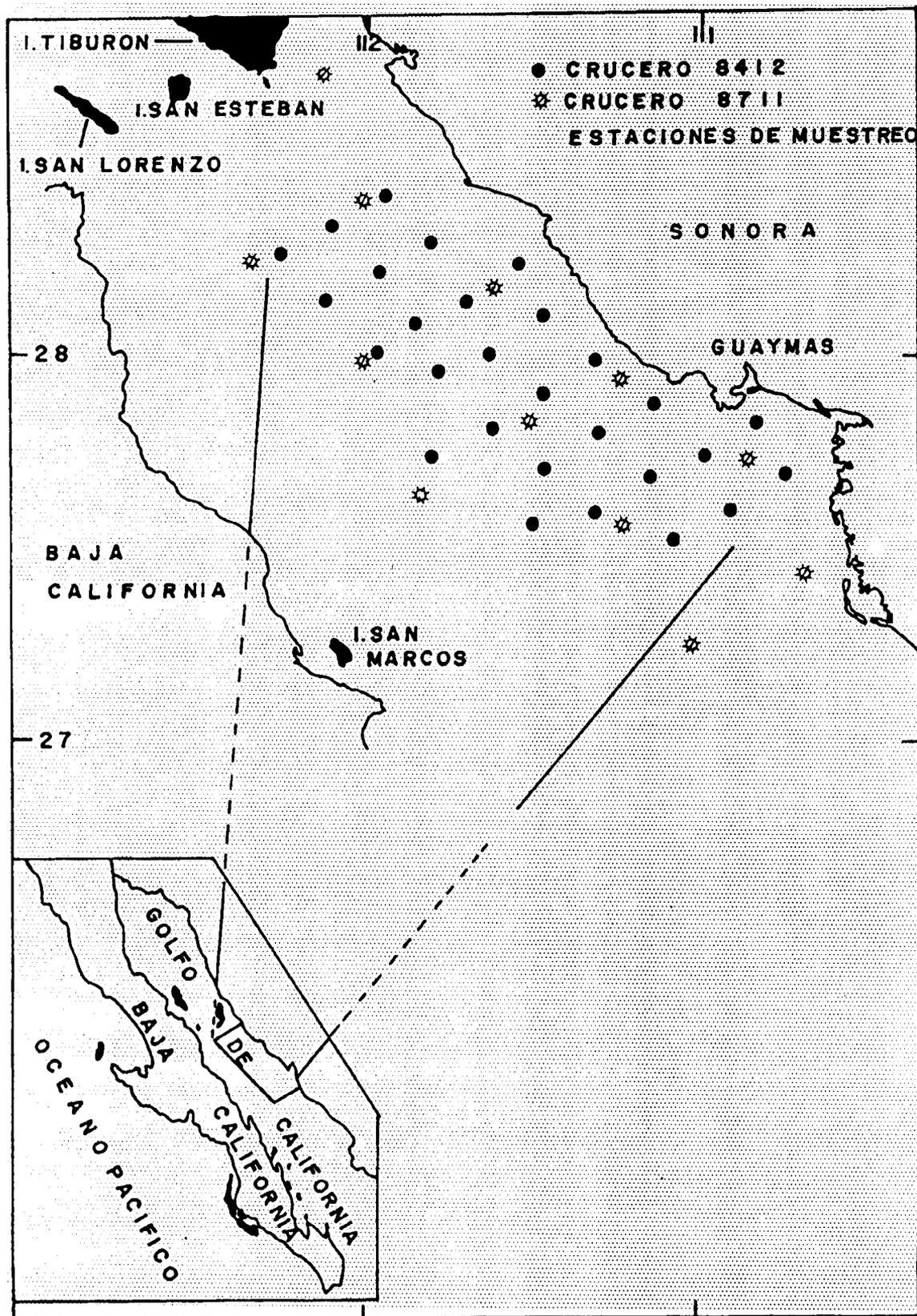


Fig. 1.- Estaciones de muestreo de los cruceros GOLCA-8412 y GOLCA-8711.

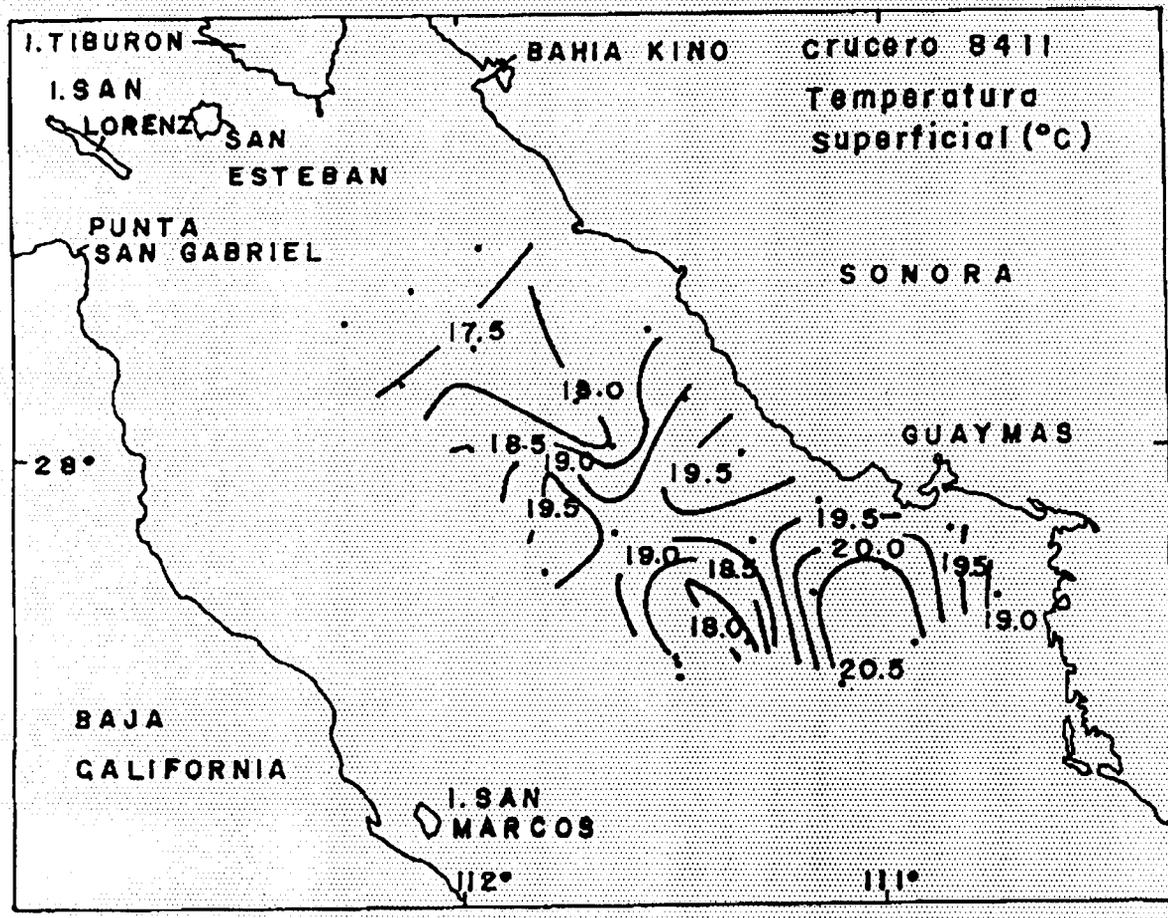


Fig. 2.- Distribución supereficial de la temperatura durante el crucero GOLCA-8412.

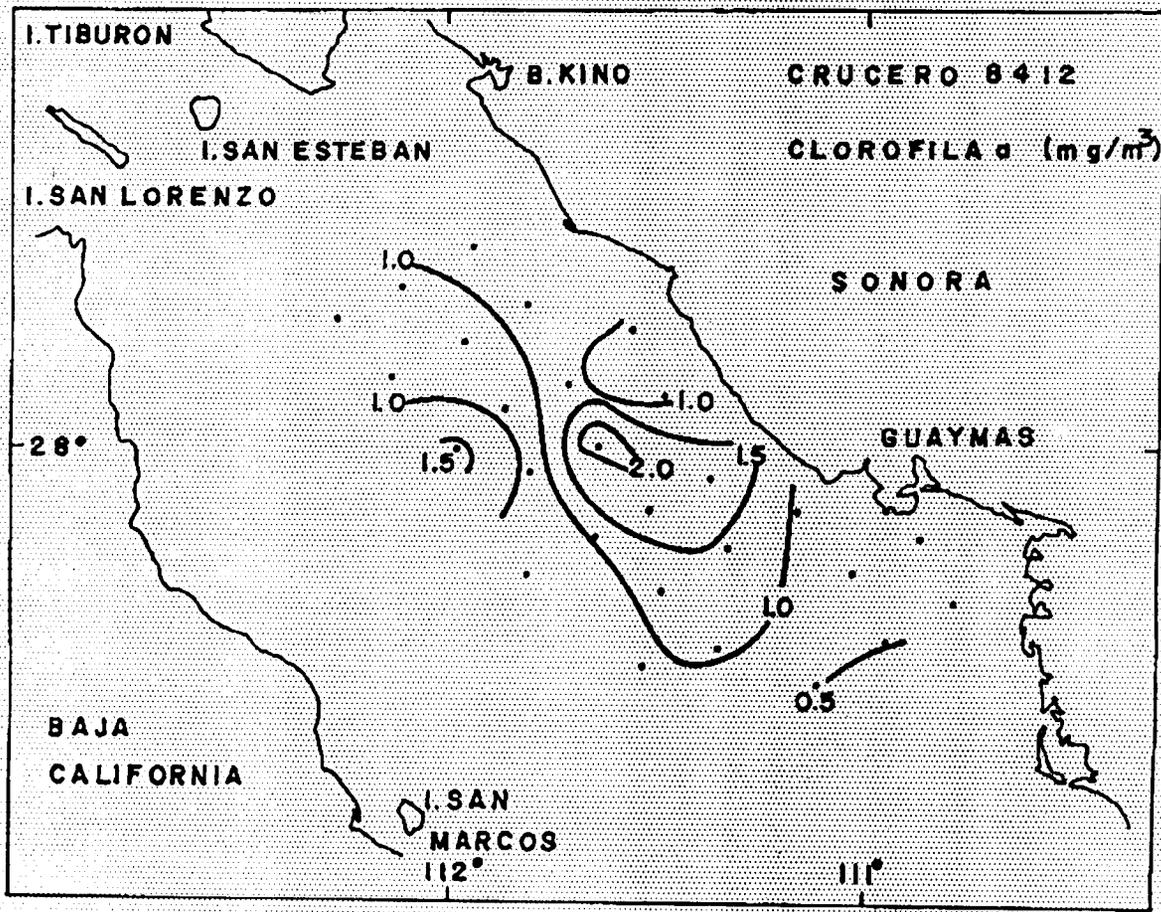


Fig. 3.- Distribución superficial de la clorofila durante el crucero GOLCA-8412.

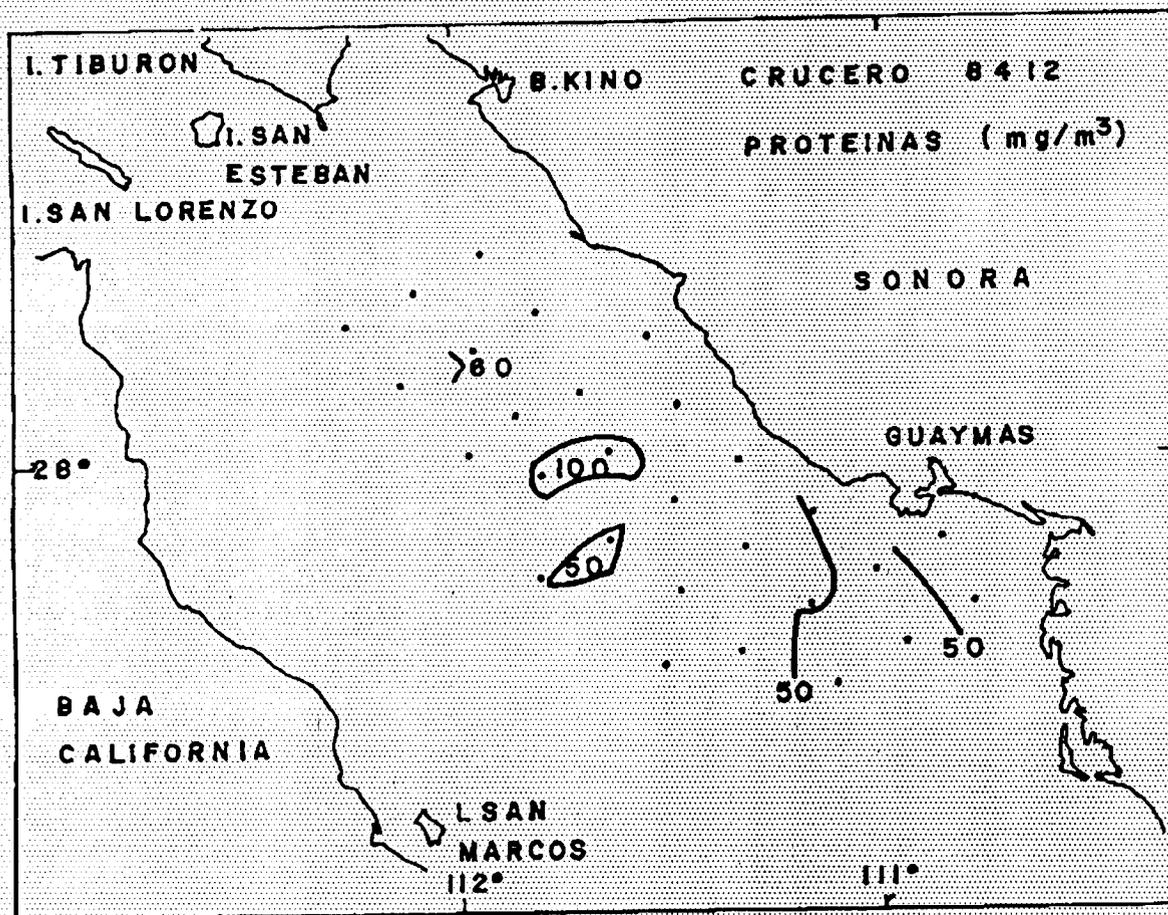


Fig. 4.- Distribución superficial de la proteína durante el crucero GOLCA-8412.

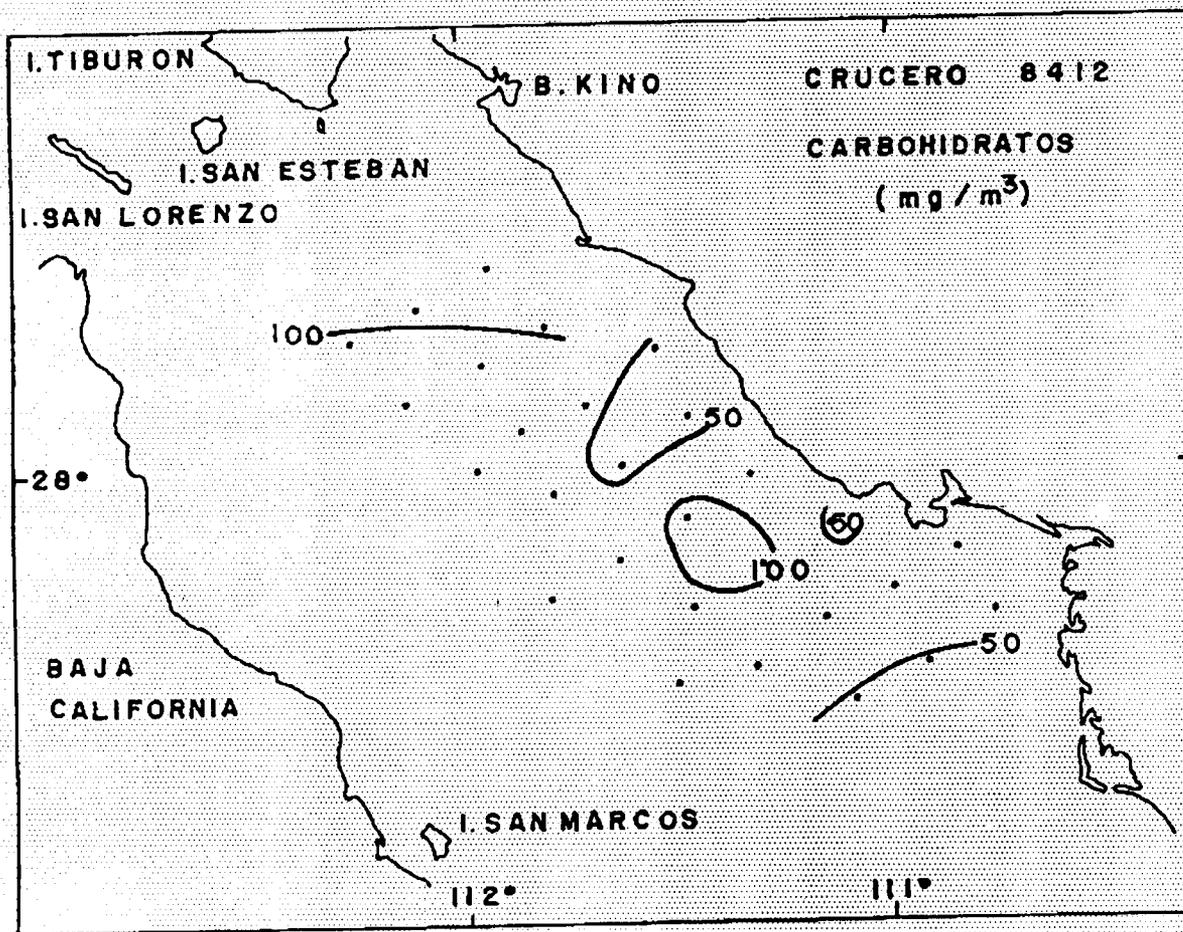


Fig. 5.- Distribución superficial del carbohidrato durante el crucero GOLCA-8412.

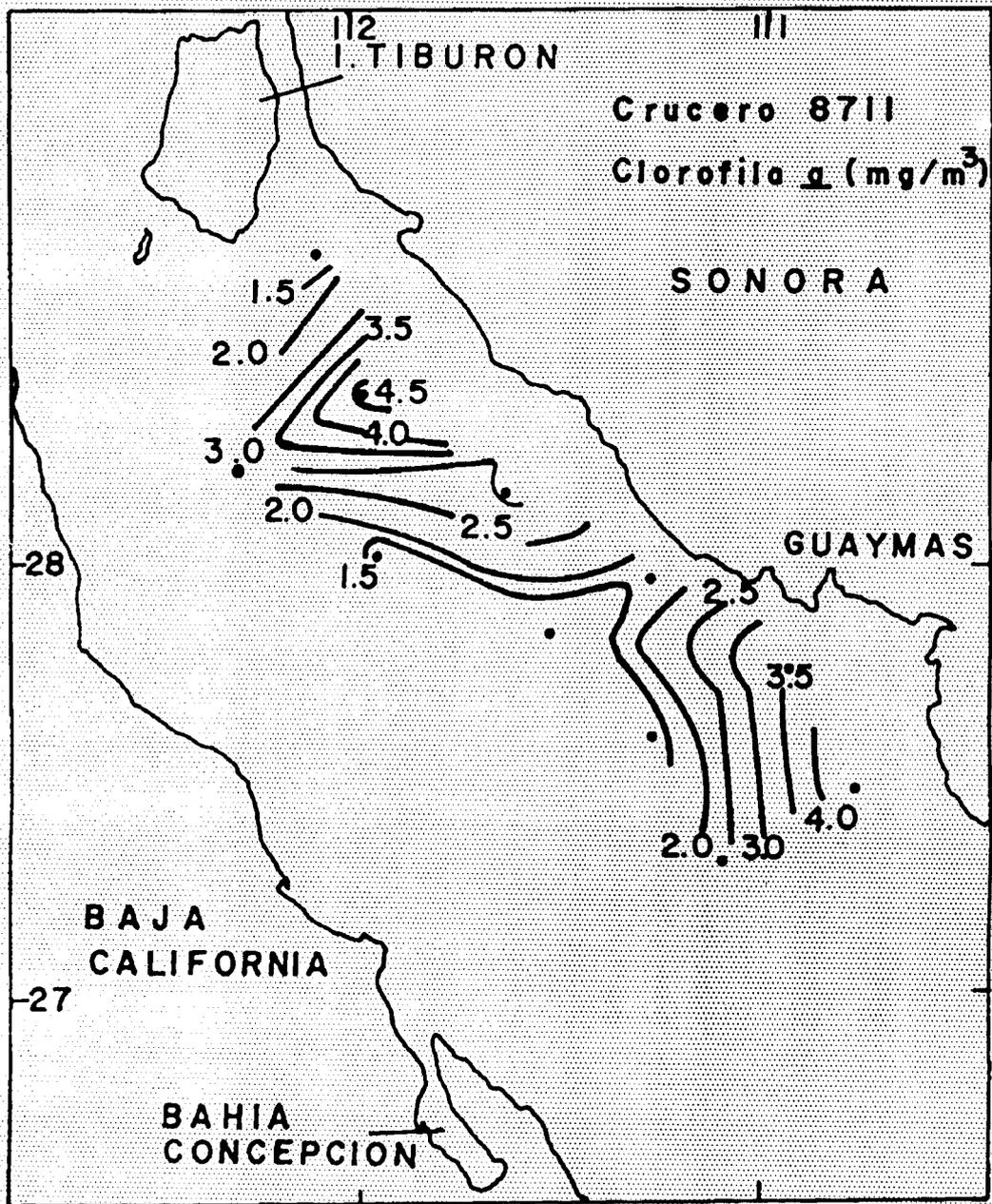


Fig. 6.- Distribución superficial de la clorofila durante el crucero GOLCA-8711.

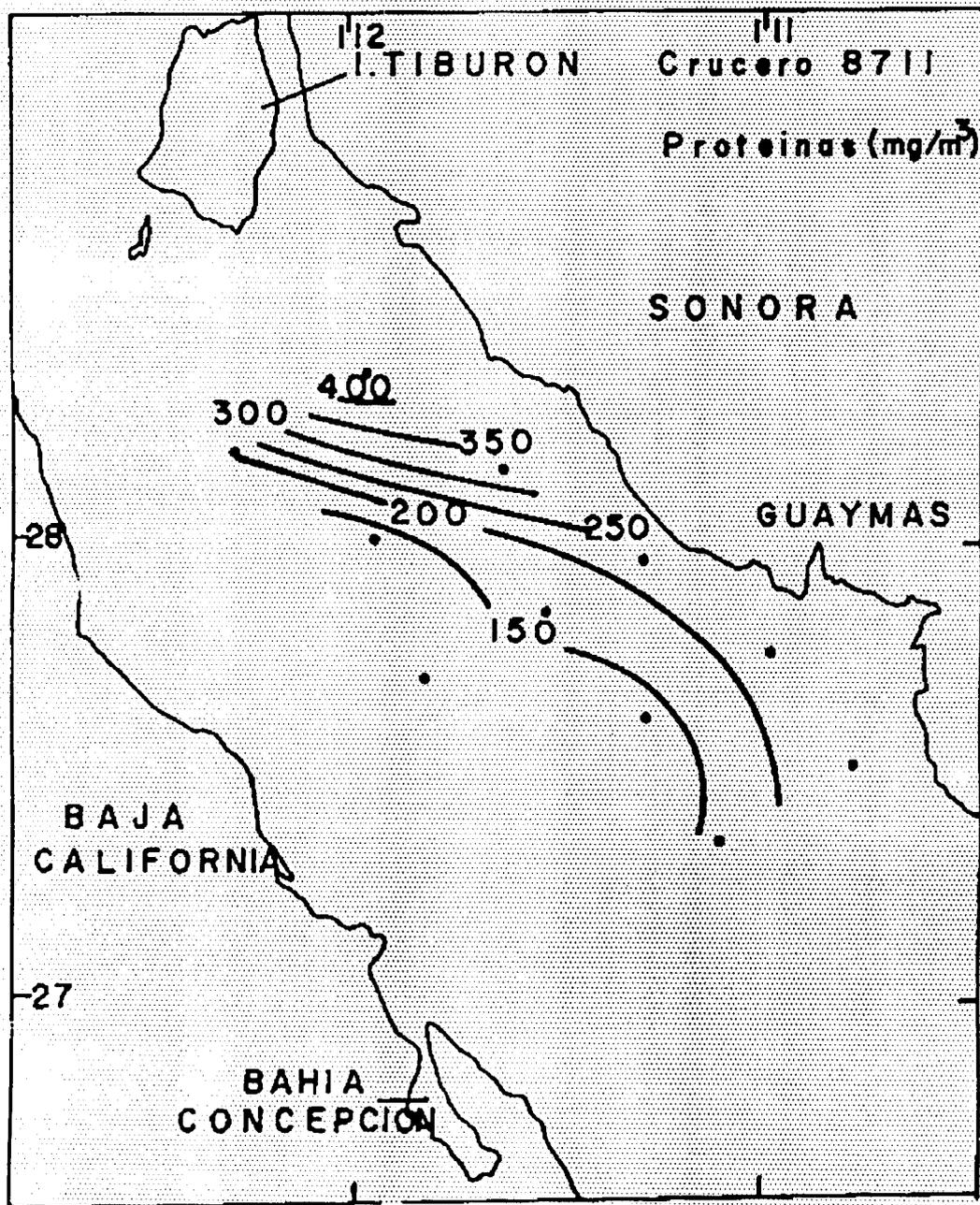


Fig. 7.- Distribución superficial de la proteína durante el crucero GOLCA-8711.

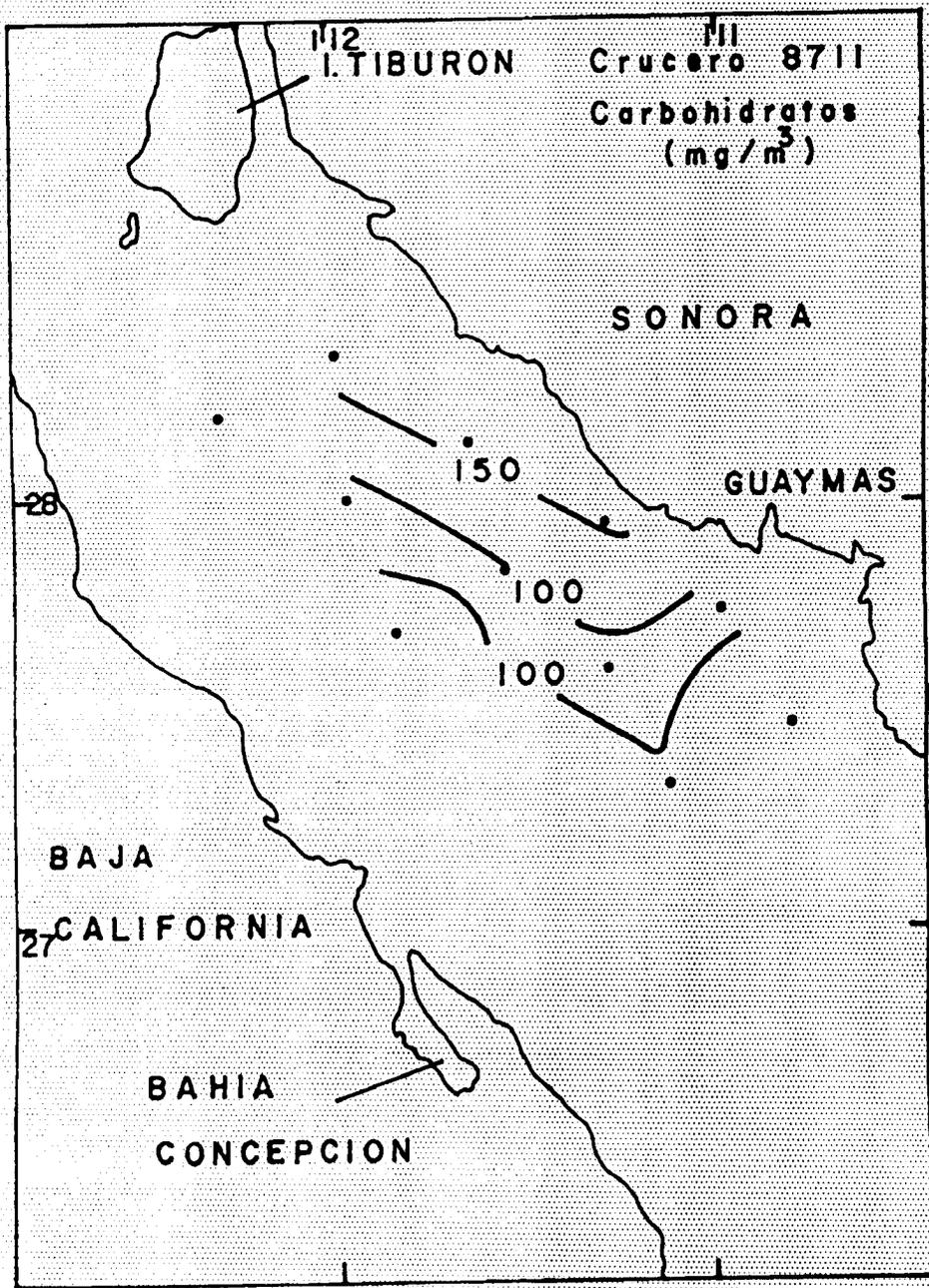


Fig. 8.- Distribución superficial del carbohidrato durante el crucero GOLCA-8711.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 I. P. N.
 BIBLIOTECA