OCEANOGRAFIA FISICA Y ECOLOGIA DE LOS FORAMINIFEROS DEL GOLFO DE CALIFORNIA

FRED B. PHLEGER *

GEOGRAFIA

El Golfo de California es especialmente interesante desde el punto de vista oceanográfico, porque parece ser un sistema oceanográfico más o menos discreto. En su extremo sur está abierto a las aguas del Pacífico, pero debido a su gran longitud y excesiva evaporación, probablemente se desarrollan algunas masas de agua algo diferentes. Los organismos del Golfo corresponden a las provincias Zoogeográficas, Panámica y Ecuatorial, puesto que su única fuente es el agua ecuatorial. Correponde a la extensión más al norte de esos conjuntos, en la región inmediata.

El Golfo de California puede describirse como una cuenca larga y angosta, cerrada en el norte, abierta al Pacífico en el sur y constreñida por islas en su porción media. La topografía submarina de los dos tercios inferiores es rugosa, con taludes escarpados y numerosas cuencas cerradas (véase Fig. 1). Una plataforma continental se presenta sólo en el norte, donde es relativamente ancha y en el este, en donde es más angosta. En el oeste, el profundo piso del Golfo se levanta abruptamente a las escabrosas montañas de Baja California. En el este hay una llanura costera angosta, frente a las montañas de los estados de Sonora y Sinaloa.

RESUMEN DE LA OCEANOGRAFIA FISICA

La Oceanografía Física del área es poco conocida. La siguiente descripción está basada en Roden (1958) y Roden y Groves (1959)

El Golfo puede considerarse una gran cuenca de evaporación. El clima del área en sus alrededores se caracteriza por baja precipitación y alta eva-

* Institución Scripps de Oceanografía. Universidad de California. La Jolla, Calif., E. U. A.

Fig. 1.—Localización de las estaciones.

Fig. 2.—Temperatura de la superficie en grados centígrados (según Roden, 1958).

Febrero

Agosto

Fig 3.—Salinidad de la superficie en partes por mil (según Roden, 1958).

poración, con excepción del cuarto suroriental. Solo hay aporte significativo de ríos en la costa oriental y al sur de Guaymas, Sonora, donde se encuentran sólo arroyos parecidos. Las principales corrientes son los ríos Yaqui y Fuerte. Se ha reportado una evaporación anual de 200-250 cm. Entre noviembre y mayo prevalecen vientos del noroeste y entre junio y octubre del sureste. También se presentan intensos vientos locales, debidos a convecciones locales, pudiendo presentarse huracanes en septiembre y octubre.

Las mareas son semi-diarias en Mazatlán y predominan componentes diarios a nivel de Guaymas. Las variaciones de marea en la boca del Río Hardy, en la parte más boreal del Golfo, alcanzan 10 m durante la primavera, con un promedio de 7 m aproximadamente. La variación media en Mazatlán es cercana a 1 m. Hay una dilación de marea, de sur a norte, con marcas atrasadas en cerca de 6 horas en el Río Hardy, respecto a las de Mazatlán. Por tanto puede presentarse marea baja en un extremo del Golfo y, al mismo tiempo marea alta en el otro. Las mareas del Golfo no están aún bien conocidas, debido fundamentalmente a observaciones inadecuadas. Las corrientes de mareas son fuertes en el Río Hardy y en las constricciones entre las islas y la costa, donde se desarrolla comúnmente un gran bordo de ola ("bore") característico. En las últimas áreas citadas se han reportado velocidades tan altas como 1-3 m/sec (2-6 nudos). Las corrientes no debidas a mareas son débiles y variables, siguiendo, en general, las tendencias del viento.

El Golfo parece ser un área de alta productividad orgánica. Esta aseveración está basada en gran parte en la ocurrencia de frecuentes y extensas "mareas rojas" causadas por intensos florecimientos y fitoplancton, principalmente dinoflagelados. Ello parece ser causado por surgencias de aguas profundas, que traen consigo abundantes sustancias nutritivas a las capas de aguas superficiales lo que contribuye a aumentar la productividad orgánica. En invierno, los vientos del noroeste causan extenso movimiento ascendente a lo largo de la costa oriental y en el verano, los vientos del suroeste causan esos movimientos a lo largo de la costa de Baja California.

La temperatura del agua de la superficie muestra considerable variación estacional, especialmente en la parte norte del Golfo, donde hay una variación estacional de cerca de 14°C entre 16° y 30°C (Fig. 2). En la parte sureste la variación estacional oscila desde un mínimo en invierno, de cerca de 21°C hasta un máximo en verano, de aproximadamente 30°C. La parte norte del Golfo es ligeramente hipersalina en contraste con el agua original del Pacífico. La salinidad de la superficie varía aproximadamente entre 34.8 0/00 en el sur hasta 36 0/00 en el norte (Fig. 3). La variación estacional

en general es pequeña pero en el verano se encuentran en la parte interior del Golfo, salinidades ligeramente mayores que en el invierno. Existe un pronunciado mínimo de oxígeno aproximadamente entre los 400-800 m de profundidad de agua.

DISTRIBUCION DE LOS FORAMINIFEROS BENTONICOS

Los materiales derivados de organismos son constituyentes importantes de cualquier sedimento marino. Ellos son especialmente útiles analizando condiciones de depósito, producción orgánica relativa y velocidad relativa de depósito de sedimentos. Los foraminíferos se encuentran ampliamente distribuidos, son abundantes en todos los ambientes marinos, y producen testas que forman parte del contenido mineral del sedimento. Sin embargo, es preciso estudiar las formas vivientes de dicho grupo, para efectuar interpretaciones ecológicas dignas de crédito. Si se consideran únicamente los individuos muertos, existe la posibilidad de contaminación con sedimentos marinos de ciclos antiguos de sedimentación, sedimentos desplazados fuera de su medio original de depósito, y productos de erosión de afloramientos de rocas marinas antiguas de las tierras adyacentes o del ambiente submarino.

El autor estudió los foraminíferos bentónicos vivientes de las 76 estaciones en el Golfo de California, mostradas en la figura 1. El propósito es describir las distribuciones de esas formas y relacionarlas a lo que se conoce de los ambientes en que se encuentran. Aquí se presentan sólo las conclusiones más generales.

Las poblaciones vivientes de organismos (número de ejemplares vivientes en cualquier momento) pueden ser consideradas en una indicación de la productividad orgánica, puesto que ésta es un resultado de ella. La población viviente puede ser una medición aproximada de productividad debido a numerosos y complejos factores.

Hay dos aspectos interesantes en los datos de poblaciones vivientes de foraminíferos bentónicos. Este estudio ha proporcionado la primera información en la magnitud de las poblaciones vivientes en una población de foraminíferos bentónicos de mares profundos, es decir, más profunda que aproximadamente 1,000 brazas. El número de foraminíferos vivientes en las numerosas muestras colectadas de ese ambiente varía entre 2 y 62 ejemplares por 10 cc de sedimento superficial húmedo con promedio de aproximadamente 26 ejemplares por unidad de muestra. Esto puede ser comparado con un promedio de 100 a 200 ejemplares en 10 cc de sedimento superficial húmedo en algunas plataformas continentales (Phleger, 1956), y tomarse

como una indicación de la proporción relativa de productividad de foraminíferos bentónicos en esta área de mar profundo.

Existen unas pocas muestras con poblaciones vivientes extraordinariamente grandes de foraminíferos bentónicos, generalmente 400 ejemplares o más por muestra (10 cc de sedimento superficial húmedo). Dos de ellas provienen de cerca de la costa al sur de la Isla San Lorenzo, en el lado occidental del Golfo y tres de cerca de la costa en el lado oriental, al norte de Mazatlán. Ello sugiere que esas grandes poblaciones vivientes son resultado de intensa productividad orgánica conocida, asociada con surgencias, en los lados oriental y occidental de la cuenca. Dos de las muestras están cerca del Río Fuerte y pueden ser el resultado de la "influencia de ríos" sugerida por los resultados de Lankford (1959), obtenidos en poblaciones frente a la boca del Río Mississippi. Las altas poblaciones, en pocas estaciones de aguas someras en el extremo norte del Golfo pueden ser debidas a la influencia del río, hipersalinidad, o a algún efecto desconocido del fondo limoso en estas aguas someras y turbulentas.

Hay 12 batibiofacies indicadas sobre las bases de la distribución en profundidad de las especies, en las muestras estudiadas. Esas zonas de profundidad se muestran en la figura 4, junto con algunas de las especies que marcan los límites. Ese es un número mayor de batibiofacies basadas en foraminíferos, que los registrados en otras áreas, donde se han llevado a cabo estudios similares. Por ejemplo, en el Noroeste del Golfo de México se reconocieron 8 batibiofacies de foraminíferos bentónicos (Phleger, 1960). Las zonas de profundidad referidas, se comparan en general con la zonación de profundidad realizada por Bandy (1961) basada en el estudio de foraminíferos no vivientes en el Golfo de California. Es especialmente sorpresivo el notar tres faunas más profundas de las 1,000 brazas. Es necesario realizar más análisis detallados de la zonación de profundidad con numerosas muestras adicionales, y tal estudio apenas se está efectuando.

Las razones para tal zonación de profundidad no están bien establecidas, y las posibles explicaciones se discutirán en otra parte. Antes de hacer cualquier correlación razonable será necesario lograr un mejor entendimiento de las condiciones ecológicas del Golfo de California. El posible efecto ecológico de la capa con pronunciado decaimiento en el mínimo de oxígeno reserva serías consideraciones y estudio adicional en los foraminíferos bentónicos del Golfo.

Se ha notado algunas segregación geográfica en la fauna de foraminíferos bentónicos del Golfo. La fauna en la parte boreal del Golfo difiere algo de

Fig. 4.—Batibiofacies de foraminíferos (Brazas).

la de la porción austral y existe la posibilidad de distinguir un conjunto de la porción media. Ello sugiere que en el Golfo interior, al norte del área constreñida de islas, se desarrolla una masa de agua ecológicamente distinta que determina tal distribución geográfica.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- BANDY, O. L. (1961). *Distribution of Foraminifera, Radiolaria and diatoms in sediments of the Gulf of California*. Micropaleontology, v. 7, p. 1-26.
- LANKFORD, R. R. (1959). *Distribution and ecology of Foraminifera from east Mississippi delta margin*. Bull. American Assoc. Petrol. Geol., v. 43, p. 2065-2099.
- PHLEGER, F. B. (1956). *Significance of living foraminiferal populations along the central Texas coast*. Contr. Cushman Found. Foram. Res., v. 7, p. 106-151.
- (1960). *Ecology and distribution of Recent Foraminifera*. Johns Hopkins Press, Baltimore, 397 p.
- RODEN, G. I. (1958). *Oceanographic and meteorological aspects of the Gulf of California*. Pacific Science, v. XII, n. 1, p. 12-45.
- RODEN, G. I. and GROVES, G. W. (1959). *Recent oceanographic investigations in the Gulf of California*. Sears Found. Jour. Marine Res., v. 18, n. 1, p. 10-35.