SOBRE LA PRESENCIA DE FOSFORITAS MARINAS FRENTE A BAJA CALIFORNIA, MEXICO

B. F. D'ANGLEJAN *

Entre los 24 y 27 grados de latitud norte, a lo largo de la costa occidental de Baja California, se han encontrado, entre las arenas de playas en barrera frente a lagunas litorales (Phleger y Ewing, 1962), "pelotillas" ricas en carbonato-fluoroapatita $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_6\text{F}_{2-3}$ Altschuler, Clarke y Young, 1968). En esta área están selectivamente concentradas por la acción del viento y forman hileras entre las dunas.

Fue extensamente muestreada la amplia plataforma que se extiende entre Punta Abreojos y Cabo San Lázaro, para conocer la distribución de fosfatos frente a la costa (Fig. 1). Este material es similar en muchos aspectos al encontrado en los grandes depósitos de todo el mundo y su presencia en sedimentos recientes sugiere que debe ser joven. Si pudiera obtenerse evidencia en este aspecto, sería interesante estudiar el ambiente actual y naturaleza de esas fosforitas.

La plataforma sobre la cual se encuentran alcanza 100 kilómetros de ancho y cae a una cuenca semi-cerrada con profundidad de 500 m, que está separada del talud continental en su lado oceánico, por bancos someros excediendo 100 kilómetros de longitud, paralelos al rumbo de la península. Este umbral, con profundidad de 100 a 200 m protege parcialmente toda la plataforma, de la circulación directa del océano abierto. El clima subtropical desértico permite un promedio de precipitación anual apenas de 2 pulgadas por año y pequeños arroyos intermitentes, drenan la plataforma, de rocas del Terciario al oriente. En la amplia plataforma plana el depósito actual es muy pequeño o no lo hay; los datos obtenidos con el Sonoprobe (instrumento penetrante de ecosonda), y la existencia de capas muy gruesas de conchas, en la parte central, sugieren una velocidad de sedimentación muy

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

Fig. 1.—Mapa mostrando el área donde se encuentran las fosforitas a que se refiere este trabajo.

lenta. También es indicativa la alta proporción de foraminíferos vivos o muertos en los sedimentos superficiales (Phleger, 1960). Según datos de perforaciones hechas a lo largo de la costa (Mina, 1957), parece encontrarse una delgada capa de sedimentos del Holoceno, discordantemente sobre las rocas plegadas del Terciario Medio a Plioceno.

Los tipos de sedimento pueden ser clasificados según el ambiente en que se encuentran. Los sedimentos de plataforma están constituidos por lodos y limos, gradando a arenas bien seleccionadas de grano medio a grueso hacia la costa. Al norte, el modo de los sedimentos cae por debajo de 125 micras; al sur, donde las fosforitas se presentan predominantemente, el modo es mayor de 125 micras. En la cuenca, se han acumulado lodos finos, color verde. Estos son altamente reductores y presentan valores hasta de 8% en carbón acumulado. Las cimas de los bancos y las partes superiores de los taludes están cubiertas por calcarenitas, compuestas principalmente de conchas de foraminíferos, que frecuentemente contienen 70 a 80% de CaCO_3 y ocasionalmente abundante glauconita. Sólo muy poca fosforita está asociada con ellos. El potencial oxidante de las aguas del fondo y sedimentos superiores se encontró negativo con valores entre 0 y -300 mv., excepto para la fosforita. Es de notarse que los sedimentos más extremadamente reductores de la cuenca no están asociados con fosforitas, mientras éstas se hallan en la plataforma, donde el ambiente es más transicional hacia condiciones oxidantes. De la misma manera, se han encontrado lutitas negras y fosforitas, como dos asociados, pero facies excluyentes entre sí en la Formación Phosphoria de edad Pérmico en otros depósitos similares. Las calcarenitas de los taludes también tienen cierta similitud con capas de carbonatos, a menudo presentes, como pequeñas unidades, en tales depósitos del pasado (McKelvey, 1956).

La concentración de fosforita muestra dos máximos. (Fig. 2):

- 1) En las barreras modernas, frente a las lagunas y en los remanentes de playas y barreras, adentro de las lagunas.
- 2) Fuera de la costa, a profundidades entre 60 y 100 m, bajo la base actual de oleaje. Coinciden con una zona de arena predominantemente fina a media. Su espesor total aún es desconocido, pues la máxima penetración de los núcleos fue de sólo aproximadamente 1.5 m.

En esas dos áreas, el fosfato alcanza hasta 30% del peso total de los sedimentos. El aspecto y composición química es la misma, a pesar de las diferencias en color, naranja a rojo café en las playas, gris oscuro a negro en la plataforma, diferencia debida posiblemente al grado de oxidación de

Fig 2.—Distribución de carbonato-apatita y zonas de concentración de "pelotillas" con más del 10% por peso en la plataforma estudiada. Las áreas achuradas en la costa muestran la distribución de rocas marinas del Terciario.

la materia orgánica y sulfuros diseminados. Se encuentran mezclados dos tipos de fosforitas:

1. "Pelotillas", subesféricas, con granos detríticos incluidos como una masa terrestre amorfa, con sólo un raro despliegue de bandas concéntricas, con materia orgánica y sulfuros de fierro diseminados.

2. Fragmentos bioclásticos: piezas de hueso, a menudo redondeados e indeterminables, dientes de peces, vértebras de peces y fragmentos fosfatados de valvas de moluscos. La degradación en forma, entre esos dos tipos, previene la directa evaluación de su importancia relativa. Sin embargo, en general el tipo bioclástico parece ser dominante en áreas de baja concentración de fosforita, mientras que en aquellas de gran abundancia, el tipo "pelotillas" parece ser dominante. De manera similar, los fragmentos bioclásticos se encuentran con mayor frecuencia en las fracciones más gruesas (500 micras).

La composición de esas fosforitas, cuando proviene de rocas marinas fosfatadas antiguas, está caracterizada por gran contenido en fluorita (2 a 3%) y la presencia de una cantidad relativamente alta de CO_2 (4 a 5%). La estrecha semejanza, en porcentaje, en los principales elementos observados, entre los grandes nódulos de fosfato encontrados en los bancos de la tierra bordeante de California Central y esas fosforitas con "pelotillas", puede deberse a la presencia del agua de la Corriente de California en ambas localidades, lo cual es indicativo de una edad geológica relativamente joven.

Se hizo un intento para determinar la edad de esos fosfatos por métodos absolutos. Para ello se hicieron determinaciones de Carbón 14, en el 1% de carbón encerrado estructuralmente dentro de la trama de la apatita, esperando obtener la edad del mineral mismo, suponiendo que el carbón no sufrió un reemplazamiento. Para tales determinaciones se colectaron 3 muestras limpias de fosforitas, una de las cuales (número 1) fue datada inmediatamente después de la separación. Las otras dos se sometieron a tratamientos ácidos, para eliminar el material de su exterior y así revelar superficies antiguas de depósito. En este proceso, las muestras números 2 y 3 perdieron respectivamente 34 y 62% de su peso original. Las edades obtenidas fueron:

No. 1 17,600 años — 450

No. 2 17,600 años — 450

No. 3 26,600 años — 600

Esas edades se obtuvieron sobre los radios de las pelotillas y por lo tanto, representan sólo el promedio entre las superficies más jóvenes y los núcleos más antiguos. También debe tomarse en cuenta que, por ser un proceso continuo, probablemente se encuentran mezcladas pelotillas de diferentes edades. También hay que considerar la posible presencia de materiales antiguos, procedentes de rocas del Terciario redepositadas y que pueden afectar esas edades. A pesar de tales limitaciones, el aumento en edad sugiere

efectivamente la formación de las fosforitas del tipo pelotillas por acreción. Puede determinarse una proporción promedio de acreción del orden de 5 micras/1000 años (d'Anglejan, en prensa). Para una pelotilla de 100 micras de diámetro, el principio del depósito se iniciaría al final del Pleistoceno. La acumulación de fosforita en la plataforma coincidiría por lo tanto con la última transgresión, corroborando la observación de que las rocas fosfatadas están, en general, asociadas con fases transgresivas.

Aun no está muy claro el papel que juegan los agentes marinos de redepósito en todo el proceso de depósito. Como se explicó arriba, las fosforitas siempre se hallaron en sedimentos gruesos, (arenas medias a finas) mejor seleccionados. Se han elaborado histogramas comparables de la distribución granulométrica de comparables arenas de playa y la fracción gruesa de sedimentos de fuera de la costa. En ambas localidades hay un considerable aumento en la selección de los fosfatos con respecto a los componentes no-fosfatos. Esta evidencia sugiere que los fosfatos ahora presentes a 60 o más metros de profundidad pueden haberse redepositado por la acción de las olas, durante niveles bajos del mar, e incorporados en barreras similares a las de las modernas. De cualquier modo, debe considerarse cuidadosamente la hipótesis de la formación autigénica de las pelotillas y su presente ubicación, lo que tendería también a producir una distribución normal de tamaños.

Un aspecto valioso en el estudio de fosforitas modernas sería probar las teorías referentes al aporte de fosfatos al ambiente de depósito. La surgencia de aguas profundas frías, ricas en nutrientes, como sucede a lo largo de las costas modernas de continentes es un proceso aceptable y fue aceptado primeramente por Kasakov (1937), como una explicación para el depósito de fosforitas. La asociación de surgencias y nódulos de fosfato ha sido notada (Dietz, Emery y Shepard, 1942). Hacia el extremo sur de Baja California, las surgencias son producidas por mezcla de dos masas de agua ricas en fosfatos, la Corriente de California dirigida hacia el sur y una lengua de aguas Nord-Ecuatoriales (Reid, 1959). Se encontraron valores tan altos como 3.5 micras-átomos/litro. Simultáneamente, valores bajos en el oxígeno disuelto sobre la plataforma (menos de .1 ml/litro) sugieren un considerable entierro de detritus orgánicos sin descomponer en los sedimentos, lo que es una fuente adecuada de fosfatos, para procedimientos diagenéticos. Sobre esas áreas se han hecho numerosas observaciones y cálculos oceanográficos que permitirán obtener una respuesta a los siguientes problemas: a) ¿Son los iones disueltos en el agua de mar o el fósforo encerrado en la materia orgánica la última fuente de los fosfatos?; b) ¿Cuál es la proporción actual

de aporte de fosfato disuelto a la plataforma por surgencias? y c) ¿En qué extensión entran los fosfatos dentro del ciclo biológico?

Aunque sobre bases teóricas está generalmente aceptado que las aguas del océano están sobresaturadas con respecto a la hidroxiapatita (Sillen, 1961), todos los procesos que tienen lugar en áreas de depósito de fosfatos deben ser estudiados en detalle si se quiere conocer realmente lo que controlan y por qué tales ocurrencias son relativamente frecuentes.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- DIETZ, R. S., EMERY, K. O. and SHEPARD, F. P. (1942). *Phosphorite deposits on the sea floor of Southern California*. Bull. Geol. Soc. America, v. 53, p. 815-848.
- KASAKOV, A. V. (1937). *The phosphorite facies and the genesis of Phosphorites*. Trans Sci. Inst. Fertilizers and Insect Fungicides, n. 142 (Publicado para el 17 Intern. Geol. Congr.), p. 95-113.
- McKELVEY, V. E., SWANSON, R. W., and SHELDON, R. P., (1953) *The Permian phosphorite deposits of Western United States*. Intern. Geol. Congr., 19 ses., Algiers, 1952, sec. XI, p. 45-64.
- MINA, U. F., (1957), *Bosquejo geológico del territorio sur de la Baja California*. Bol. Asoc. Mexicana Geol. Petrol., v. 9, ns., 3-4, p. 139-270.
- PHLEGER, F. B., (1960), *Ecology and distribution of recent foraminifera*. Johns Hopkins, Baltimore, 297 p.
- PHLEGER, F. B., and EWING, G. C., (1962), *Sedimentology and Oceanography of coastal lagoons in Baja California, Mexico*. Bull. Geol. Soc. America, v. 73, p. 145-182.
- REID, J. L. Jr., RODEN, G. I. and WYLLIE, J. G. (1959). *Studies of the California Current System*. Contr. Scripps Inst. Oceanogr., n. s., n. 998.
- SILLEN, L. G., (1961), *The physical chemistry of sea water, in Oceanography*. Intern. Oceanogr. Congr. 1959. American Assoc. Adv. Sci., Pub. 67 654, p.