

Apuntes de Sedimentología
Dr. José M. Martín (Universidad de Granada)

Tema 9.- **Rocas silíceas.** Tipos y génesis. **Rocas fosfatadas.** Génesis. **Rocas organógenas:** carbón, petróleo y gas natural.

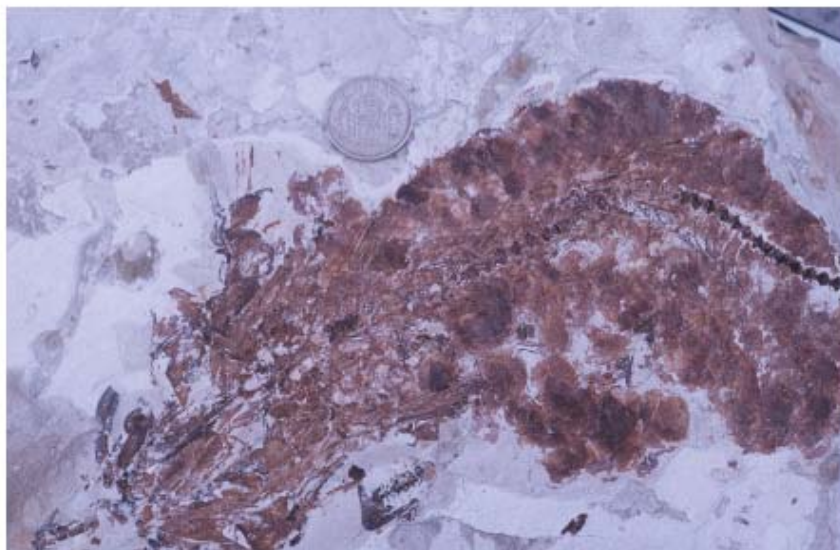
Rocas silíceas

Las rocas sedimentarias silíceas son las diatomitas, las radiolaritas y las espongiolitas, y el sílex. En las tres primeras, de origen sedimentario (biogénico), la sílice (precipitada bioquímicamente) lo hace en forma de ópalo; en el sílex, de origen diagenético, la mineralogía es de cuarzo. En este capítulo nos vamos a referir exclusivamente a las rocas silíceas biogénicas. El sílex será tratado en el tema siguiente referente a diagénesis.

Diatomitas: En las diatomitas lo que se acumula como sedimento (el llamado “fango de diatomeas”) son las “frústulas” (el esqueleto silíceo de la pared celular) de diatomeas. Las diatomeas son unas algas unicelulares, planctónicas que viven tanto en contextos lacustres como marinos. En la actualidad proliferan sobre todo en las Zonas Subpolares marinas.

Las diatomeas son especialmente abundantes en zonas de aguas estratificadas. En estas últimas los “blooms” de diatomeas se producen episódicamente en los momentos en que se rompe la estratificación, al mezclarse rápidamente las aguas ricas en nutrientes del fondo con las oxigenadas más superficiales. Al repetirse con cierta frecuencia este proceso el sedimento resultante suele estar finamente laminado. Entre las láminas suelen preservarse, extraordinariamente bien, restos de escamas y espinas de peces (foto inferior: Cariatiz, Almería), impresiones de hojas de vegetales, etc., dado que, en el fondo, entre los episodios de formación de diatomitas, predominan de nuevo condiciones anóxicas.

DIATOMITAS CON RESTOS DE PECES



Las diatomitas son rocas de color blanco muy porosas y ligeras. De ahí su uso como “absorbente”. Su aplicación industrial quizá más conocida es en la fabricación de la dinamita, como “soporte seguro” al transporte y manipulación de la nitroglicerina.

Radiolaritas: En este caso lo que se acumula, en el fondo marino, son los esqueletos silíceos de radiolarios, formándose como sedimento el denominado “fangos de radiolarios”. Los radiolarios (protozoos unicelulares marinos de vida planctónica) son exclusivos y especialmente abundantes en mares de aguas cálidas, tropicales y ecuatoriales.

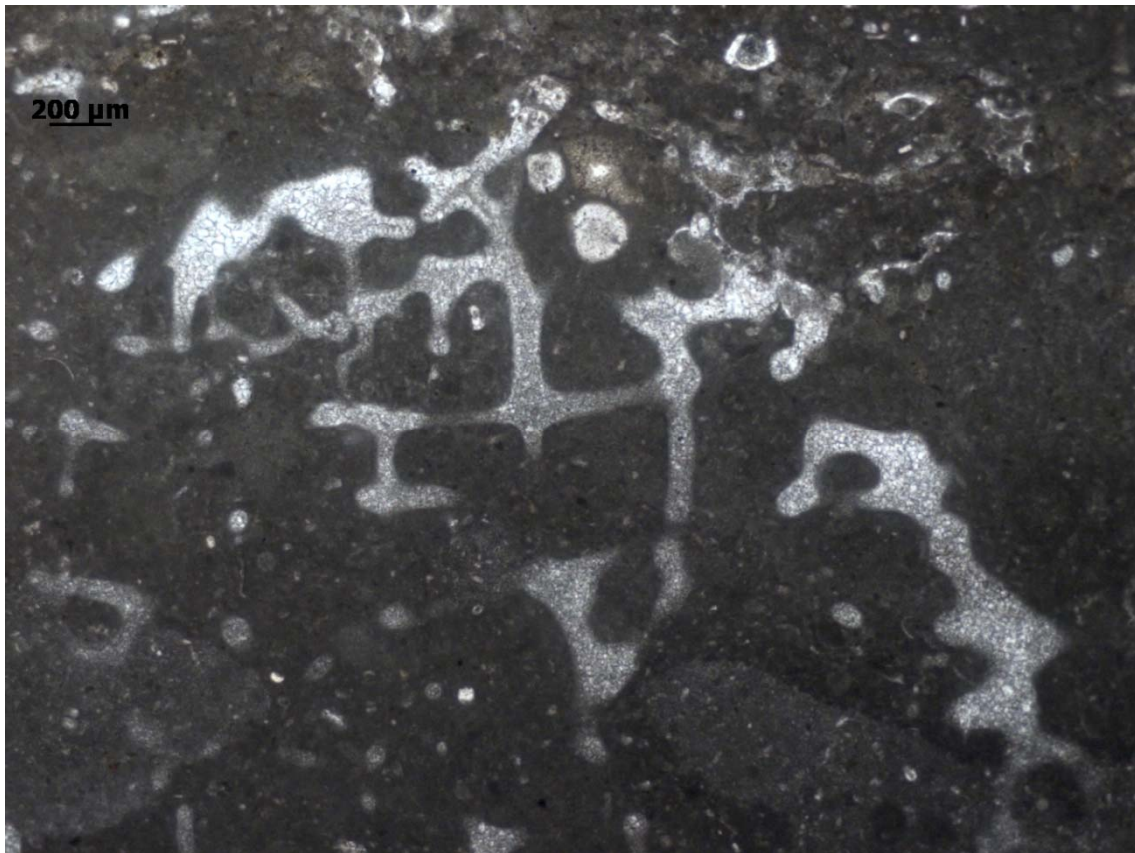
Los fangos de radiolarios son especialmente abundantes en el fondo marino, en zonas a veces muy profundas (por debajo de los 3.000 m o más de profundidad). En este último caso se trata también en parte de un acúmulo “residual”, ya que los componentes carbonatados (de foraminíferos planctónicos, coccolitofóridos, etc.) que pudiesen acompañar a los de radiolarios conforme descienden sus restos esqueléticos a lo largo de la columna de agua son selectivamente disueltos hasta desaparecer por completo por debajo de la profundidad antes señalada.

Espongiolitas. Las esponjas de esqueleto silíceo pertenecen a los grupos de las “hexactinélidas” y “litistidas”. Dichas esponjas viven normalmente a profundidades de unos pocos a cientos de metros. Sus esqueletos (hasta métricos) varían de subcilíndricos, a formas en “copa” más o menos abierta, o planares (en forma de “plato”). Normalmente viven agrupadas y atrapan sedimento de alrededor generándose pequeñas bioconstrucciones (de métricas a decamétricas en extensión lateral) en forma de montículo (ver diagrama inferior; Gaillard, 1984). Su especial abundancia en determinados momentos, tal como al inicio del Jurásico superior, ha llevado a algunos autores a hablar de los llamados “mares silíceos”, en los que se infiere hubo concentraciones en sílice disuelta en el agua del mar extraordinariamente altas que favorecieron el desarrollo y la proliferación de organismos de esqueleto silíceo.

ESPONJAS SILÍCEAS

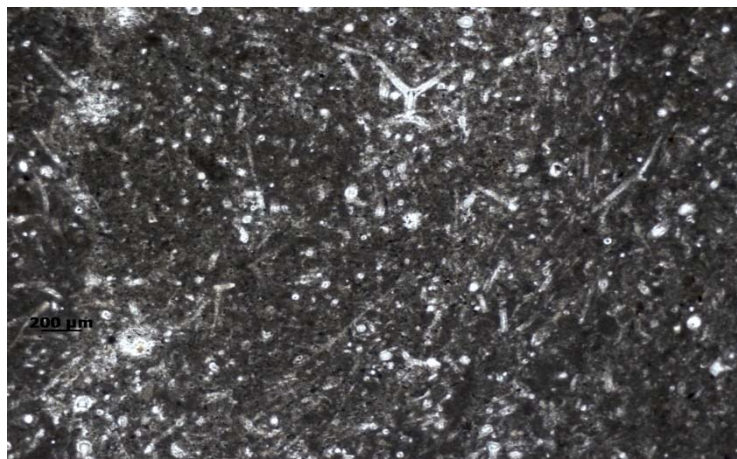


Los esqueletos de las esponjas silíceas están internamente constituidos por un entramado de espículas que repiten un patrón geométrico definido (cúbico, paralelepípedo, romboédrico, etc.).



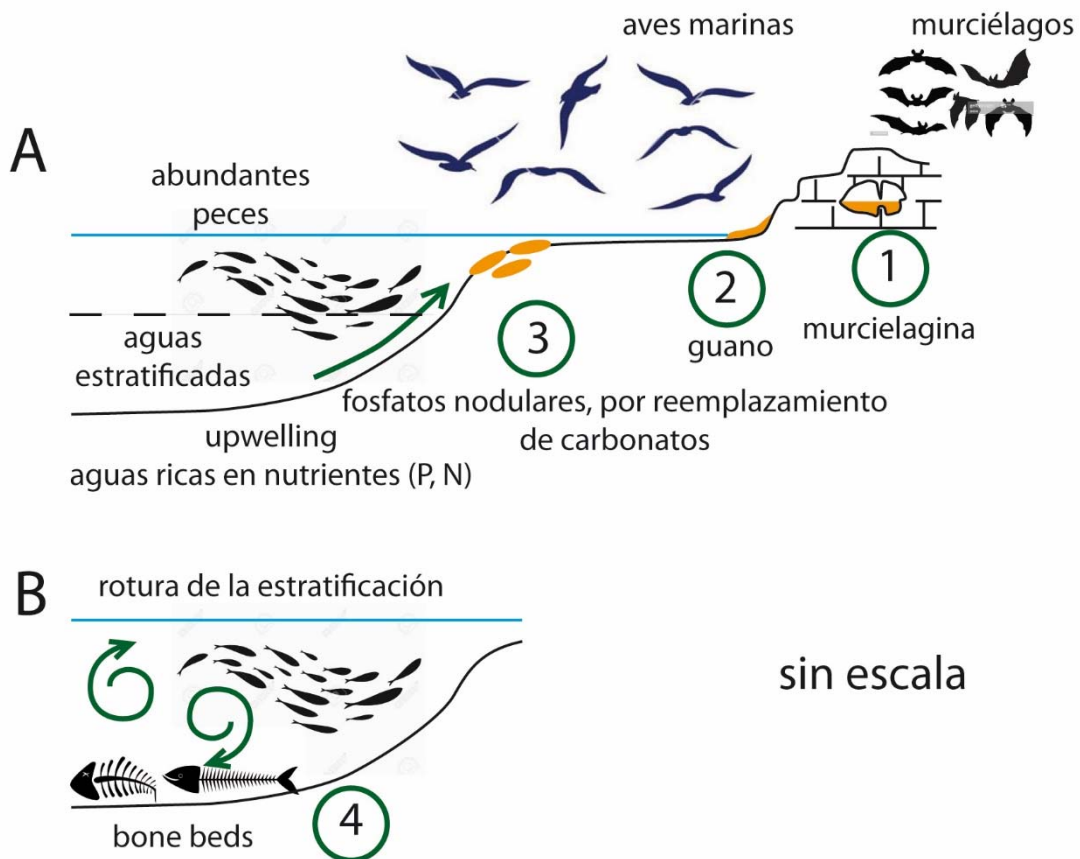
Estructura “esqueletal” de una esponja silícea, disuelta en la “diagénesis” y rellena por cemento carbonatado espático tardío (Jurásico Cordillera Ibérica)

Estos esqueletos suelen ser extremadamente delicados por lo que es normal que las “espículas” se suelten y que lo que se acumule directamente en el fondo sean dichas espículas embebidas generalmente en carbonato. A este sedimento, constituido por acúmulos de espículas de esponjas, se le conoce como “espiculita” (foto inferior: Jurásico Cordillera Bética).



Rocas fosfatadas.

Las rocas sedimentarias fosfatadas conocidas también como “fosforitas” o “fosfatitas” tienen un doble origen. Biogénico (acúmulos de esqueletos fosfatados de organismos o de excrementos de organismos ricos en fósforo) o diagenético, por reemplazamiento de carbonatos. Químicamente son fosfatos de Ca, de fórmula química más o menos compleja, con contenidos en P_2O_5 de 15-20%. El mineral presente es la colofana (una variedad de apatito). A continuación, pasaremos a detallar los contextos concretos donde aparecen y las características de los depósitos generados, desde las áreas continentales a las marinas profundas (figura inferior; Puga et al., 2020).



1) Cuevas (“Murcielagina”)

En las cuevas los depósitos fosfatados que se encuentran son de excrementos de murciélagos. La roca fosfatada que se forma y acumula en su fondo se denomina “murcielagina”. Los murciélagos se alimentan fundamentalmente de insectos, cuyos caparzones son de “quitina”, compuesto muy rico en fósforo.

2) Áreas costeras (“Guano”)

En el borde del mar, en la zona costera, se encuentran también localmente depósitos de fosfatos que pueden llegar a ser localmente (caso por ejemplo de ciertos atolones actuales del Pacífico) importantes y se explotan comercialmente. Al depósito que se

forma se le conoce como “guano”. Se trata de excrementos de aves marinas muy ricos en restos (fosfatados) de espinas de peces. Se localizan próximos a zonas marinas de “upwelling” (“surgencias”) con abundantes nutrientes, donde abundan los peces y subsecuentemente las aves marinas que se alimentan de ellos, que van a “descansar” (y a realizar sus necesidades fisiológicas) en el borde costero. El ejemplo ilustrado es de la costa de California (Estados Unidos). El guano son las manchas de color blanco sobre las que descansan las aves marinas.



3) Borde de plataforma (“Fosfatos Nodulares”)

En este caso la roca fosfatada se genera por reemplazamiento sinsedimentario (o diagenético temprano) de los sedimentos carbonatados del borde de la Plataforma Continental en zonas de “upwelling” (“surgencias”). Actualmente aparecen a profundidades de menos de 400 m entre 0 y 40° de latitud. Como se ha señalado anteriormente, las aguas de “upwelling” son muy ricas en nutrientes (P entre ellos). Dichas aguas al entrar en contacto con los carbonatos del borde de la plataforma reemplazan el carbonato cálcico por fosfato cálcico, dando origen a los llamados “fosfatos nodulares”. En algunos casos, estos depósitos son también volumétricamente importantes y de gran interés económico (por ejemplo, los depósitos de fosfato explotados en las minas de Bucraa, en el “Sahara Occidental”, tienen este origen).

4) Zonas marinas profundas (“Bone Beds”).

Los “Bone Beds” son capas muy finas de roca fosfatada, rica en restos (espinas) de peces, intercaladas entre sedimentos marinos profundos (de varios cientos a miles de metros). Se generan en zonas donde las aguas marinas están normalmente estratificadas. En la capa alta, rica en oxígeno, proliferan los peces. Una ruptura brusca (eventual) de la estratificación provoca la mezcla repentina con las aguas anóxicas más profundas y la subsecuente “muerte masiva” de estos peces cuyos restos se acumulan en el fondo.

Rocas organógenas

Las rocas organógenas son el carbón, el petróleo y el gas natural, materiales cuyo interés económico, y la influencia e impacto que su uso industrial generalizado ha tenido en los últimos dos siglos de historia de la humanidad (en aspectos tan dispares como los económicos, geopolíticos, movilidad y globalización, contaminación, etc.), están fuera de toda discusión. Lo que aquí se presenta es un esquema simplificado de su origen como sedimento y evolución a roca sedimentaria, ya que su estudio se aborda de una manera mucho más profunda en otras asignaturas del Grado en Geología y del Master en Georecursos de nuestra propia Universidad.

Carbón y petróleo/gas natural comparten en su génesis una serie de puntos en común. El sedimento original, es la materia orgánica. Fundamentalmente (aunque no exclusivamente) restos de vegetales superiores, en el caso del carbón, y de plancton (sobre todo marino), en el petróleo/gas natural.

Para su preservación la materia orgánica necesita condiciones anóxicas, ya que si no se oxida (putrefacta) y se descompone rápidamente. Ello comporta, en ambos casos un enterramiento rápido (por otros sedimentos, generalmente de grano fino). En el caso concreto del carbón en contextos además muy subsidentes, que acoplan gran cantidad de sedimento en poco espacio de tiempo e impiden el contacto directo de la materia orgánica enterrada con el aire (con el oxígeno).

Una vez enterrados la materia orgánica vegetal se va a transformar en carbón, y el plancton del “sapropel” (sedimento rico en materia orgánica) en hidrocarburos, primero más complejos y en estado líquido: petróleo, y posteriormente más sencillos y volátiles, en estado gaseoso: gas natural. En esta transformación es fundamental el papel que juegan ciertas bacterias que, con su actividad metabólica, inducen las reacciones

químicas necesarias para dichas transformaciones. Es lo que se conoce como “digestión bacteriana”. La evolución de petróleo a gas natural se ve favorecida por el aumento de la temperatura y presión con la profundidad.

Hasta aquí se mantiene el “paralelismo evolutivo”. A partir de este punto carbón y petróleo/gas natural evolucionan de una manera muy distinta. El carbón se conserva y transforma (se va enriqueciendo progresivamente en C y generándose las diferentes variedades) donde se ha originado, mientras que el petróleo/gas natural se ve forzado a migrar desde la llamada “roca madre” (donde se ha generado) a la roca almacén (donde en su mayor parte finalmente se va a conservar). La razón es simple, en la compactación se reduce sensiblemente el espacio de poros en rocas tales como arcillas, margas, calizas de grano fino, etc. (las típicas rocas madre), y aumenta sensiblemente la presión de confinamiento con lo que el petróleo/gas natural (ambos en estado fluido ocupando dichos poros) se movilizan hacia otros tipos de rocas que mantienen (o pueden mantener en función de su evolución diagenética concreta) una alta porosidad, tales como dolomías, arenas, calcarenitas, calizas arrecifales, etc. También es necesario que en su camino de escape no alcancen la superficie. Si eso ocurriese finalmente el gas natural se disipa en la atmósfera y el petróleo se oxida generando asfaltos y betunes. Es decir, se necesita un “sello” que impida su escape a superficie. Ese “sello” son las denominadas “trampas petrolíferas”, configuraciones geológicas (anticlinales, fallas, discordancias, cambios litológicos, etc.) en las que una roca impermeable actúa de barrera y les cierra el paso.

El carbón se genera en dos contextos sedimentarios concretos, si las condiciones climáticas que favorecen la proliferación de vegetación, son las adecuadas. Bordes de lagos (“cuencas límnicas”) y deltas (“cuencas parálidas”). El tipo de carbón que primero se origina es la turba (~ 55% de C). Esta se transforma progresivamente con el enterramiento e incremento en la intensidad del proceso diagenético en lignito (~ 73% de C), luego en hulla (~ 84% de C) y finalmente en antracita (~ 93% de C). Durante la revolución industrial la hulla fue la variedad de carbón de uso generalizado en el sostenimiento de la industria de la época y las máquinas de vapor. Posteriormente lo han sido el lignito (es la variedad de mayor poder calorífico), muchas veces quemado en bocamina en centrales térmicas para generar electricidad, y la turba, esta última fundamentalmente utilizada como abono en la agricultura.

En el caso del petróleo ha habido recientemente una pequeña revolución con la utilización de la técnica del “fracking” (fracturación hidráulica) que permite recuperar gran parte del petróleo que queda retenido en la roca madre (hasta un 25-30% del total). Esta técnica, independientemente de los problemas que pueda generar: microsismos, contaminación, etc. es sólo competitiva, sin embargo, en épocas de fuerte demanda y altos precios, como así ha quedado demostrado.