

TEXTURAS DE MENAS Y GANGAS

Las **texturas** de menas y gangas entregan información respecto al origen e historia de los depósitos minerales. Las texturas de los depósitos minerales varía de acuerdo a si su constituyente mineral se formó por **depositación** en un espacio abierto a partir de una solución acuosa o silicatada o por **reemplazo** de minerales pre-existentes. La sobreimposición de metamorfismo puede alterar o modificar drásticamente la textura primaria, lo que debe ser considerado al interpretar la génesis de un depósito mineral.

La forma en que los minerales están entrecrecidos es muy importante para el geólogo y también para el ingeniero a cargo de procesar el mineral (metalurgista), ya que entrecrecimientos complejos pueden requerir de la instalación de una planta de separación que sea cara o el procesamiento mismo sea oneroso.

Precipitación a partir de magmas silicatados

La precipitación de minerales de interés económico puede derivar directamente de la cristalización magmática. Las características texturales dependerán del tiempo de cristalización y de la presencia o ausencia de silicatos cristalizando simultáneamente.

Menas de óxidos, como la cromita (FeCr_2O_4), frecuentemente cristalizan temprano y pueden formar cristales euhedrales bien formados, aunque los mismos pueden ser modificados de varias maneras. Por ejemplo los cristales de cromita pueden sufrir **corrosión** y **reabsorción** en el magma en cristalización produciendo concavidades en los cristales, granos redondeados y texturas de atolón.

Texturas deposicionales 103



FIGURA 4-33 Granos de cromita en plagioclasa. Las concavidades fueron producidas por la reabsorción parcial de la cromita primaria. Procede del complejo ígneo de Bushveld, África del Sur. $\times 20$. (Foto de C. M. Taylor.)

Cuando las cromitas forman bandas monominerales (intrusivos bandeados) estas están formadas por **agregados de granos polihédricos** que rellenan todo el espacio en que están presentes. Por otra parte, cuando cristalizan simultáneamente óxidos y minerales silicatados se formarán texturas ígneas similares a las que se presentan en rocas ígneas normales, es decir texturas anhedrales a subhedrales granulares debido a la interferencia mutua entre los cristales durante el crecimiento de los mismos.

Los **sulfuros** tienen temperaturas de fusión más bajas que los silicatos y si no se han segregado de los silicatos estarán presentes como **agregados de granos redondeados** que representan la solidificación de glóbulos de líquido inmisible en el magma o como **granos anhedrales** o **agregados de cristales** que han cristalizado en forma intersticial a los silicatos y su forma está condicionada por los granos de silicatos entre los cuales solidifican.

Precipitación a partir de soluciones acuosas (hidrotermales)

La precipitación a partir de soluciones hidrotermales puede ocurrir en espacios abiertos dentro de macizos rocosos originando ya sea minerales bien cristalizados o amorfos (a partir de coloides). Por otra parte, el metasomatismo inducido por fluidos hidrotermales puede producir reemplazo de minerales pre-existentes. Existen una serie de criterios texturales para identificar como se formaron los minerales hidrotermales en un depósito.

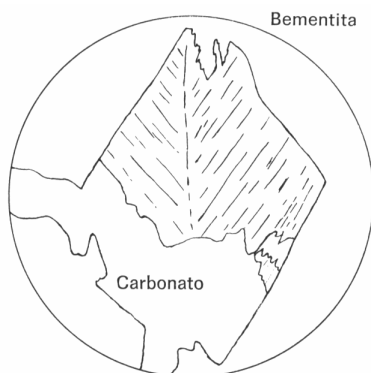
Texturas de reemplazo

La formación de nuevos minerales a expensas de otros pre-existentes se denomina reemplazo. Este fue definido por Lindaren (1933) como el proceso de disolución y depositación capilar prácticamente simultáneo, por el cual un nuevo mineral total o parcialmente diferente puede crecer en el seno de un mineral o agregado más antiguo. Esto es sinónimo de **metasomatismo** y generalmente implica pequeño o ningún cambio de volumen de la roca o mineral reemplazado.

El metasomatismo es de mucha importancia en el emplazamiento de depósitos minerales **epigenéticos** ya que muchos minerales se forman casi totalmente de esta manera y casi todos muestran alguna evidencia de reemplazo. El proceso es particularmente característico de aquellos yacimientos formados a alta temperatura y presión donde los espacios abiertos son escasos y la comunicación con la superficie está impedida (Ej. Depósitos de tipo Skarn).

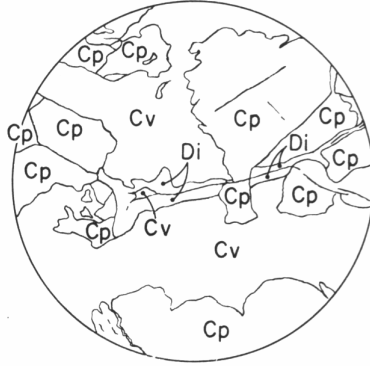
Los criterios para identificar reemplazo son:

1. Pseudomorfos: Si se conserva la forma cristalina de un mineral, pero la composición cambia, esto constituye una evidencia de reemplazo. Ej. Hematita pseudomorfa de cubos de pirita.



Pseudomorfo. Bementita (a trazos) reemplazando un cristal de calcita. Olympic Peninsula, Washington. × 60.

2. Masas irregulares desarrolladas a partir de un relleno de fractura: masas minerales formadas donde una fractura cruza ciertos granos minerales o estratos rocosos químicamente reactivos. Esto indica que un determinado mineral o roca fueron reactivos al reemplazo y se desarrolló preferentemente en ese sitio un nuevo mineral.

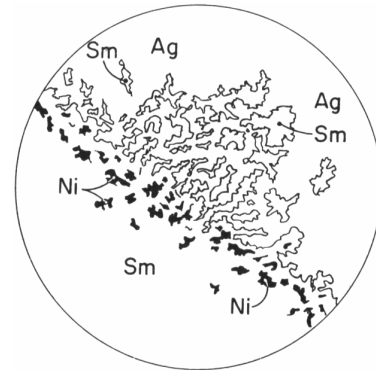


Desarrollo de un relleno de fractura en una masa irregular, en la cual la fractura corta granos minerales y lechos de roca químicamente reactivos. Veta de digenita (Di) y covelina (Cv) en calcopirita (Cp). Obsérvese cómo la veta de digenita se pierde donde la fractura cruza la calcopirita. Cananea, México. $\times 37,5$.

3. Formación de entrecrecimientos vermiculares: en distintos sitios a lo largo de grietas y en los límites de áreas no relacionadas con direcciones cristalográficas.

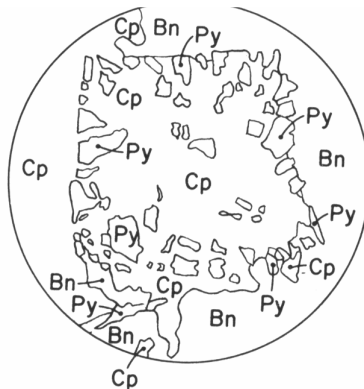
Estos pueden representar el avance incompleto del frente de reemplazo. Sin embargo, los entrecrecimientos vermiculares también se

Formación intercrecimientos vermiculares en lugares abiertos a lo largo de grietas y en los límites del área no relacionados con direcciones cristalográficas. Reemplazamiento preferencial de niquelina (Ni) por plata nativa (Ag) en mezclas íntimas entre la niquelina y esmalina-cloantita (Sm). Cobalt, Ontario, Canadá. $\times 30$. (Según una foto no publicada de D. E. Everlein.)



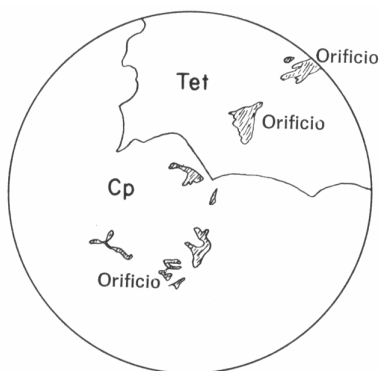
forman durante el crecimiento de un cristal en una mezcla eutéctica y por **exsolución** durante el lento enfriamiento de soluciones sólidas. Estos entrecrecimientos primarios habitualmente están relacionados con direcciones cristalográficas y solo los no orientados pueden considerarse de reemplazo.

4. Islas de mineral huésped o de la roca encajadora no reemplazados: la calcopirita puede reemplazar a pirita, pero si no es un 100% permanecen restos de pirita dentro de la calcopirita neoformada.



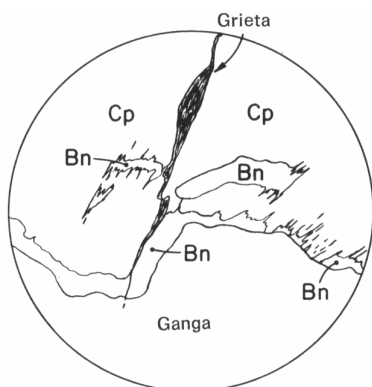
Islas de mineral huésped o roca de caja no reemplazadas. Cubo de pirita (Py) reemplazado en gran parte por calcopirita (Cp). La bornita (Bn) bordea partes del grano. Bisbee, Arizona. $\times 37,5$.

5. Superficies cóncavas hacia el huésped: la difusión de iones en el frente de reemplazo se desarrolla en distintas proporciones, así algunas partes del frente forman entrantes cóncavos en el mineral que está siendo reemplazado, como si el mineral reemplazante estuviera corroyendo al huésped.



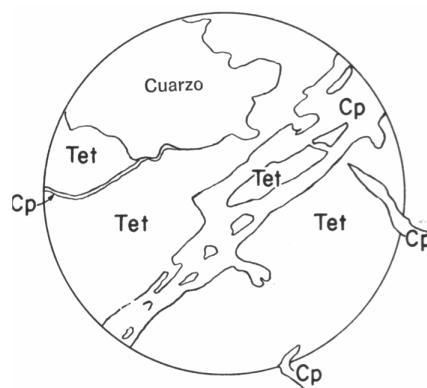
Superficies cóncavas en el huésped. Calcopirita (Cp) reemplazando tetraedrita (Tet). Coeur d'Alene, Idaho. $\times 45$.

6. Paredes o bordes asimétricos de venillas: si el reemplazo ocurre a partir de una fisura central los bordes de la venilla no coincidirían en ambos lados debido a que los bordes originales de la fractura son obliterados por el reemplazo.

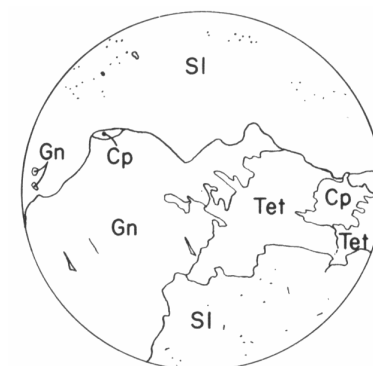


Bordes que penetran las direcciones cristalográficas del mineral huésped. Bornita (Bn) en calcopirita (Cp). Cananea, México. $\times 40$.

8. Fragmentos aislados con la misma orientación: si una parte de la roca huésped está completamente rodeada por mineral de reemplazo y todavía mantiene su orientación respecto al material huésped exterior es prácticamente indicio de reemplazo. La dirección puede corresponder a la dirección cristalográfica, esquistocidad, estratificación o foliación.



Fragmentos sueltos orientados. Tetraedrita (Tet) en calcopirita (Cp). Coeur d'Alene, Idaho. $\times 45$.



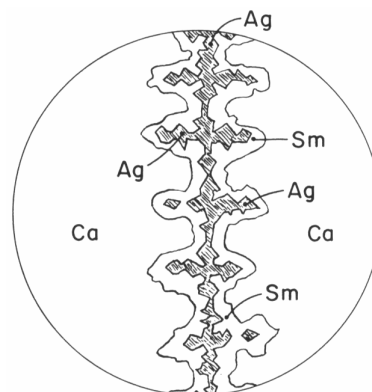
Paredes o bordes irregulares de una fractura. Galena (Gn), tetraedrita (Tet) y calcopirita (Cp) cortando esfalerita (SI). Cananea, México. $\times 30$.

7. Bordes penetrando las direcciones cristalográficas del mineral huésped: el reemplazo actúa hacia cualquier pequeña fractura incluyendo la esquistocidad. Ej. Covelina reemplazando a calcopirita por planos de clivaje y microfracturas.

9. Asociación selectiva: algunos minerales son químicamente más afines al reemplazo que otros. Ej. La calcosina reemplaza preferentemente a la calcopirita en vez de pirita.



Asociación selectiva. Galena (Gn) reemplazando calcita con preferencia al cuarzo. Darwin, California. $\times 45$.

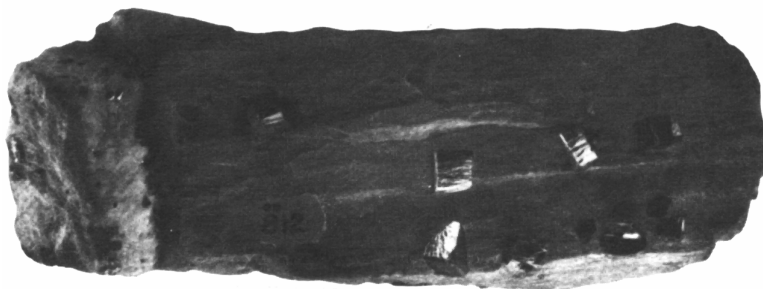


Incompatibilidad físico-química entre metacristales y los minerales huésped. Plata (Ag) y esmaltina (Sm) en calcita (Ca). Cobalt, Ontario, Canadá. $\times 30$. (Foto de K. Bhatt.)

10. Incompatibilidad físico-química entre metacristales y minerales huésped: Si los

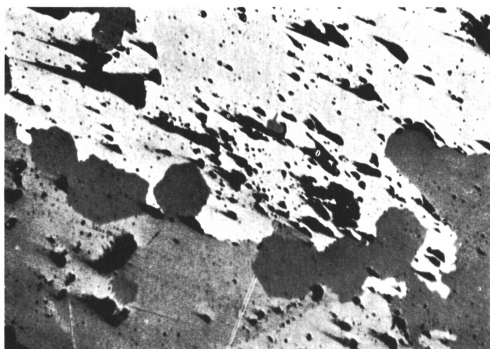
meta cristales no se forman por los mismos procesos que el material de la roca huésped indica un origen por reemplazo. Ej. Cristales de pirita en calcita son anómalos porque estos minerales no tienen iones en común.

11. Metacristales que cortan estructuras originales: un cristal cortando foliación o estratificación sugiere que la estructura es previa al cristal.



Metacristales de pirita cortando la esquistosidad. Filón Mother, California. Aproximadamente nueve décimos del tamaño natural.

12. Metacristales desarrollados en relación a fracturas, planos de exfoliación o límites de cristales: como

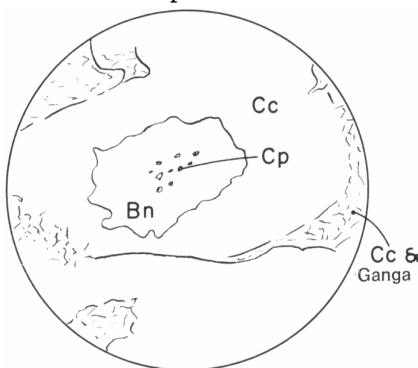


Evidente deposición de metacristales en relación con fracturas, planos de exfoliación o límites de cristales. Cuarzo reemplazando siderita. Příbram, Checoslovaquia. $\times 160$. (Según Kuttina, 1963.)

los fluidos se introducen a lo largo de pequeñas fracturas el desarrollo de cristales por reemplazo

tendrá lugar a lo largo de estas estructuras.

13. Disparidad de tamaño de metacristales (mega cristales) y de los minerales huésped: los grandes cristales en un fondo de grano fino y viceversa pueden indicar que los metacristales crecieron independientemente de la roca huésped.
14. Metacristales formados a lo largo de una antigua zona de avance de la alteración: cuando un mineral es de relleno tendrá un límite neto o tajante con la roca de caja, al contrario el reemplazo se efectuaría por crecimiento gradual de metacristales a lo largo del frente de reemplazo.
15. Secuencia depositacional en la cual los minerales progresivamente son más ricos en un constituyente: Ej.



Secuencia depositacional en la que los minerales llegan a ser progresivamente más ricos en un constituyente. Bornita (Bn) con glóbulos de calcopirita (Cp) en el centro, rodeados por calcocita (Cc) y ganga. Tsumeb, África del sudoeste. $\times 45$.

ricos en un constituyente: Ej. Polibasita ($\text{Ag}_{16}\text{Sb}_2\text{S}_{11}$) atacada por soluciones ricas en Ag, un cristal de polibasita se transformará primero en acantita (Ag_2S) y finalmente en plata nativa. Esto refleja el reemplazo del Sb y S; un cristal en un estadio intermedio presentará un centro de polibasita, bordeado por acantita y plata nativa.

16. Preservación de estructuras y texturas originales: ciertos rasgos de las rocas sedimentarias, ígneas o metamórficas, así como restos orgánicos pueden ser preservados pseudomórficamente. Ej. En la mina El Toqui (Región de Aysén) hay fósiles reemplazados por esfalerita y galena.

17. Cristales doblemente terminados: si un cristal crece en una pared desarrollará solo caras cristalinas en el lado libre. Esta restricción no afecta a cristales creciendo por reemplazo. Ej. Presencia de cristales de cuarzo con caras cristalinas en ambos extremos, pero estos también pueden formarse en magmas, así que este criterio debe usarse con cuidado.



Cristal bipiramidal de cuarzo procedente de un filón de estibina, Wolf Creek, distrito de Fairbanks, Alaska, conteniendo cristales de estibina (antimonita). El cuarzo parece formarse por reemplazamiento de los minerales de ganga del filón. $\times 18$. (Recogido por P. O. Sandvik, foto de W. J. Crook.)

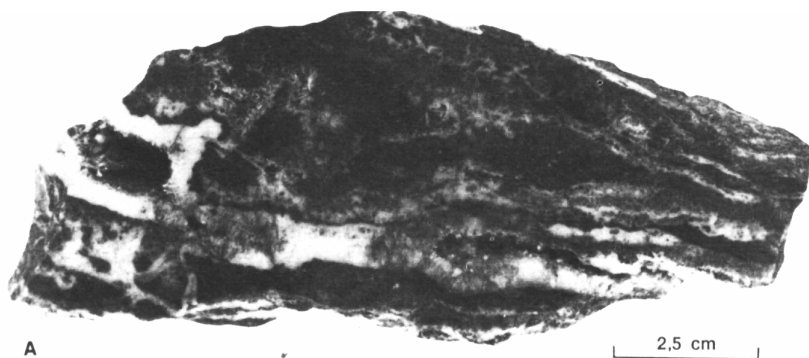
18. Límites gradacionales: los procesos de reemplazo pueden producir límites tajantes o gradacionales entre la roca huésped y el mineral. El relleno generalmente tiene contactos abruptos, por lo que un contacto gradacional indica avance de reemplazo.
19. Minerales residuales resistentes: algunos minerales son estables en soluciones mineralizadoras y pueden quedar rodeados por mineral reemplazante: Ej. Círcón y corindón en las mismas proporciones que en esquistos cercanos. Los minerales resistentes son tipos especiales de islas o fragmentos no reemplazados de la roca huésped.

Relleno de espacios abiertos

En zonas poco profundas donde el fracturamiento de las rocas es frágil (en oposición a la deformación dúctil) se generan **espacios abiertos** tales como zonas de dilatación a lo largo de fallas, canales de disolución en regiones de topografía kárstica, etc. Estos pueden ser perneados por soluciones hidrotermales mineralizadoras y si las condiciones físico-químicas inducen la precipitación entonces se formarán cristales. Estos cristales de origen hidrotermal crecerán por **nucleación espontánea** dentro de la solución o más comúnmente por nucleación en la superficie rocosa que los contiene.

Existen una serie de criterios para reconocer el **relleno de espacios abiertos**, estos son:

1. Muchas cavidades y drusas: La existencia de huecos y drusas de cristales representa el relleno incompleto de un espacio abierto mayor. El crecimiento de cristales de mena y ganga dentro de una fractura normalmente ocurre desde afuera hacia adentro y se detiene cuando encuentra paredes opuestas, pero como el crecimiento no es uniforme la circulación incompleta de soluciones hidrotermales deja espacios sin relleno.



2. Minerales de grano fino en las paredes de una cavidad y minerales más gruesos hacia el centro: Cuando existe una marcada diferencia de temperatura entre las rocas huésped y el fluido hidrotermal (generalmente en condiciones de poca profundidad) los primeros cristales que se forman en las paredes de una fractura son de grano fino, debido al enfriamiento del fluido al contacto con la roca y la consecuente cristalización rápida, mientras que aquellos formados hacia el centro de la cavidad tendrán más tiempo para desarrollarse.

3. Crustificación: Los fluidos hidrotermales pueden variar de composición y depositar cortezas de distintos minerales a lo largo de las paredes de una fisura o cavidad. Los cristales formados primero son cubiertos por los minerales posteriores. Esto produce vetas bandeadas.

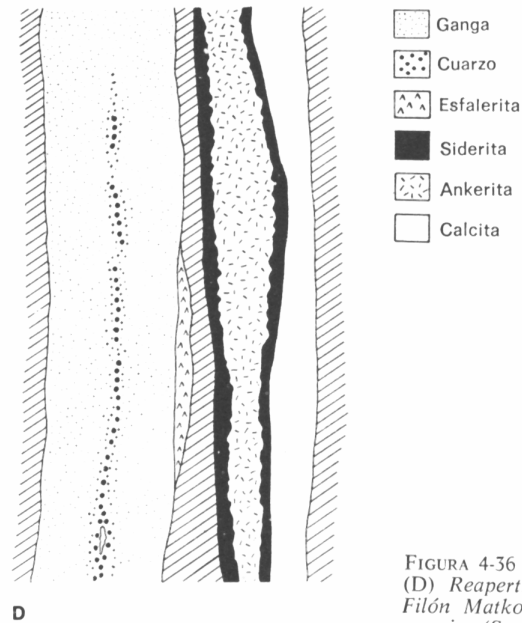
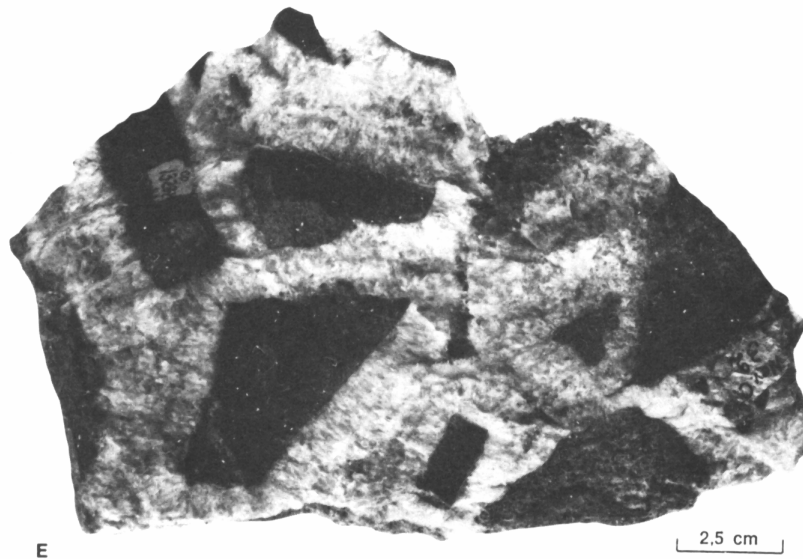


FIGURA 4-36 (Continuación)
(D) Reapertura y deposición simétrica.
Filón Matkobožska, Příbram, Checoslo-
vaquia. (Según Kutina, 1957.)
(E) Estructura en escarapela. Cuarzo en
brecha. Localidad desconocida.



4. Estructura de peineta o en cresta: A lo largo de la unión de cristales que han crecido desde paredes opuestas de una fractura se genera una zona de drusas interdigitadas debido al contacto final de los cristales señalados. Ya que la zona de unión es dentada en sección, similar a la cresta de un gallo, se la denomina estructura de

cresta o de peineta. Es indicativa que los cristales crecieron hacia adentro desde las paredes opuestas de una fisura rellenando un espacio abierto.

5. Bandeamiento simétrico: Los cristales depositados en una cavidad crecerán simétricamente hacia el centro de la misma, en este caso la orientación y composición de los cristales en las paredes opuestas de una veta son simétricas. Cuando ocurren cambios en la composición del fluido, cambia la composición de los minerales precipitados formando cortezas según un patrón simétrico desde las paredes hacia el centro de la estructura.
6. Paredes similares: Cuando se rellena una fisura la sección de las paredes opuestas de la roca encajarían, es decir que si el relleno de la veta fuese eliminado las rocas de caja se acoplarían como piezas de un rompecabezas.
7. Estructura de cockarda (escarapela): En rocas fragmentadas (brechas) se produce el crecimiento de cristales en forma radial o de peineta sobre los fragmentos de roca quedando estos envueltos en bandas crustiformes o cortezas de minerales hidrotermales.

Depósitos Coloidales

La depositación en espacios abiertos ocurre en las interfases agua-sedimento y agua-roca, como por ejemplo en la formación de sulfuros masivos volcanogénicos (exhalativos). Compuestos minerales amorfos como ópalo (SiO_2), neotocita (Cu Mn Fe SiO_2), garnierita (silicatos hidratados de Mg-Ni) precipitan a partir de coloides y se piensa que muchos minerales criptocristalinos (calcedonia, algunos óxidos de M, pirita, marcasita, petchblenda y productos de oxidación de sulfuros de Cu, Pb y Zn como la malaquita, azurita, crisocola, anglesita, cerusita y smithsonita, han sido transportados y depositados como coloides que cristalizan luego de su depositación. Los coloides son materiales extremadamente finos en suspensión que tienen propiedades peculiares debido a su alta área de superficie. La rápida **floculación** de los materiales (agregado en masas o grumos) y **bandeamiento** son texturas comunes de coloides. Las características distintivas de depositación de coloides son:

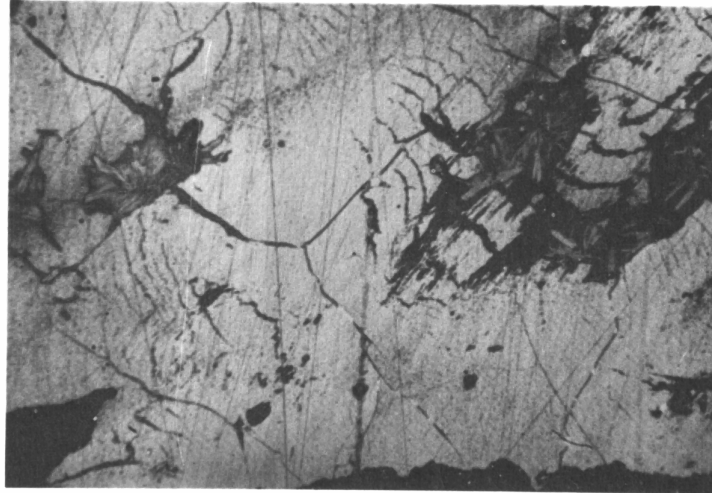
1. Texturas coloformes: es un bandeamiento muy fino, como el de la sílice en ágatas. La presencia de este tipo de texturas es indicativa de formación en espacios abiertos por depositación coloidal, especialmente si los **botroides** son aproximadamente



FIGURA 4-37 (A) *Textura coloforme. Esferalerita globular con bandeamiento concéntrico, origen coloidal. Mina Orzel Bialy, Katowice, Polonia. Tamaño natural. (Según Kutina, 1953.)*
(B) *Grietas de contracción. Mineral de Larap, Islas Filipinas. $\times 87$. (Foto según J. E. Frost.)*

esferoidales.

2. Grietas de contracción: los geles coloidales desarrollan grietas debido a la deshidratación, por lo que la presencia de ellas evidencia una deposición coloidal, pero la mayoría de los coloides no muestran esta característica.



2. *Grietas de contracción*. Los geles de laboratorio desarrollan grietas debido a la deshidratación; grietas similares podrían esperarse en los yacimientos coloidales naturales. Su presencia sugiere deposición coloidal, pero la mayoría de los coloides así denominados no muestran signos de contracción. (Véase figura 4-37b).

3. Bandas de difusión o Liesegang: En geles coloidales se forman bandas coloreadas o en anillos de Liesegang si un electrolito se difunde en las bandas. Estos anillos de

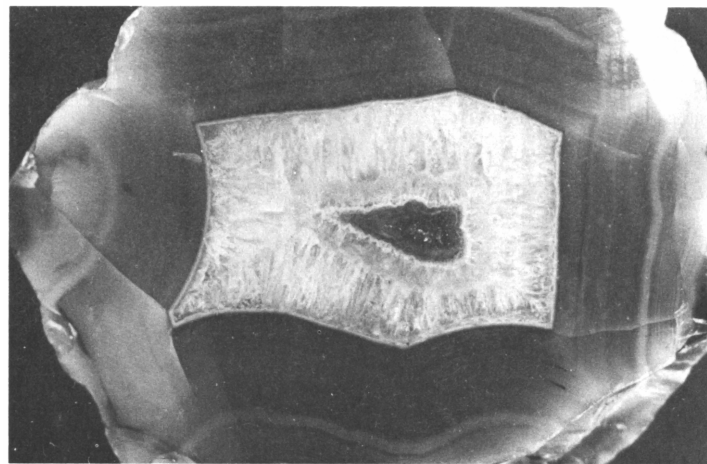


FIG. 4-37 (Continuación)
(C) *Bandas de difusión mostradas por ágata. Obsérvense también las características de relleno en la parte central. Localidad desconocida. $\times 17$. (Foto de W. J. Crook.)*

Liesegang son fácilmente producidos en laboratorio y bandeamientos similares se presentan en rocas amorfas o microcristalinas como las ágatas y se interpretan como de origen coloidal.

4. Absorción de materiales extraños que originan una composición variable: los coloides actúan como esponjas para muchos iones, debido a su carga eléctrica, y absorben constituyentes de cualquiera de los fluidos cercanos que de otra manera

permanecerían indefinidamente en solución. La presencia de metales raros en psilomelano o wad se debe a esto.

5. Estructura no cristalina y caótica: los minerales amorfos o mineraloides se piensa que se originan como coloides. Los geles coloidales son inestables, tienden a cristalizar, por lo que el estado amorfo no dura para siempre. Esto significa que un depósito originalmente coloidal puede o no ser amorfo en la actualidad.
6. Cristales columnares extendiéndose en continuidad cristalográfica a través de una banda coloreada o composicional: la cristalización en cristales radiales desde la periferia de botroides puede presentar bandas de difusión o cambios de coloración. Esto porque cristalizan después de la formación de anillos de Liesegang.
7. Esferoides: algunas masas de chert de probable origen coloidal contienen diversas estructuras esferulíticas como **pisolitos** (agregados en forma de arveja, más grandes que los oolitos). La redondez de estas estructuras esferulíticas resulta de la tensión superficial que existe en cualquier líquido.

Los racimos de cristales finos o masas esferoidales agrupadas forman **framboides** o texturas **framboidales**. Este tipo de texturas se presentan en pirita, calcopirita, bornita y calcosina e inicialmente se interpretaron como depositación coloidal. Sin embargo, más recientemente se demostró que tienen un origen bacteriano asociado a bacterias que producen H_2S . La acción reductora del H_2S precipita los sulfuros metálicos en esferoides originando agregados con forma que recuerda a la de las frambuesas.

Bibliografía

Estos apuntes son un extracto del libro:

Yacimientos Minerales, Park & MacDiarmid, 1981, Ediciones Omega, p. 102-124.

Texturas de menas y características de minerales en secciones pulidas con luz reflejadas pueden ser vistas en la página web:

<http://www.smenet.org/opaque-ore/>