

MACLAS

Responsable: Dr. Juan José Palafox Reyes

Colaboradores: Dr. Francisco Javier Cuen Romero

MACLAS

En ocasiones, durante el crecimiento de un cristal, o si el cristal se somete a estrés o a condiciones de temperatura / presión diferente de aquellas bajo las que se formó originalmente, se forman dos o más cristales intercrecidos de manera simétrica. Estos intercrecimientos simétricos de cristales se denominan cristales maclados. Es importante reconocer el maclado, porque cuando ocurre, a menudo es una de las características más diagnósticas que permiten la identificación del mineral.

OPERACIONES DE SIMETRÍA QUE DEFINEN EL MACLADO

La simetría de un cristal maclado se puede observar por:

- Reflexión a través de un plano de simetría. El plano de simetría se llamaría entonces plano de macla.
- Rotación alrededor de un eje o línea en el cristal. El eje de rotación entonces se llamaría eje de macla.
- Inversión mediante un punto. El centro de simetría agregado se llamaría entonces centro de macla.

TIPOS DE MACLADO

Otra forma de definir el maclado es cuando las maclas se dividen en dos tipos separados.

1. Maclas de contacto: tienen una superficie de composición plana que separa 2 cristales individuales. Estos generalmente se definen por una ley de maclas que expresa un plano macla (es decir, un plano de espejo agregado). Un ejemplo que se muestra aquí es un cristal de ortoclasa maclado según la ley de Braveno, con $\{021\}$ como plano de macla.

-Operaciones de simetría que definen el maclado

-Debido a que la simetría se agrega a un cristal mediante el maclado, el entrelazado se puede definir mediante las operaciones de simetría involucradas. Éstas incluyen:

- Reflexión a través de un plano de simetría. El plano se llamaría entonces plano de macla.

- Rotación alrededor de un eje o línea en el cristal. El eje de rotación entonces se llamaría eje de macla.

- Inversión mediante un punto. El centro de simetría se llamaría entonces centro de macla.

LEYES DE MACLAS

Las leyes de las maclas se expresan como símbolos de forma para definir planos maclas (es decir, $\{hkl\}$) o símbolos de zona para definir la dirección de los ejes maclas (es decir, $[hkl]$).

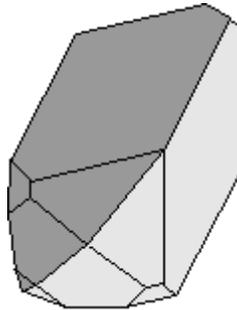
La superficie a lo largo de la cual los puntos de la red se comparten en cristales maclados se llama superficie de composición.

Si la ley de las maclas se puede definir mediante un plano de composición simple, el plano de macla es siempre paralelo a una posible cara de cristal y nunca paralelo a un plano de simetría existente (recuerde que el maclado crea simetría).

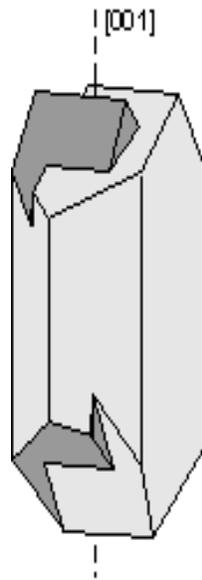
TIPOS DE MACLADOS

Otra forma de definir el maclado divide a los cristales en dos tipos separados.

Maclas de contacto: tienen un plano de composición plana que separa dos cristales individuales. Estos generalmente se definen por una ley de maclas que expresa un plano macla (es decir, un plano de espejo agregado). Un ejemplo que se muestra aquí es un cristal de ortoclasa maclado según la ley de Braveno, con $\{021\}$ como plano de macla.

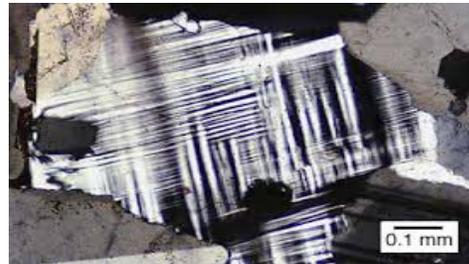
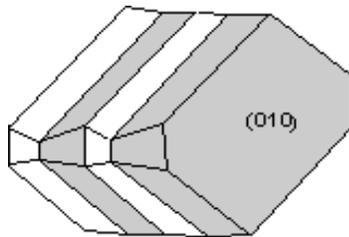


Maclas de penetración: tienen una superficie de composición irregular que separa 2 cristales individuales. Estos están definidos por un centro macla o un eje macla. Aquí se muestra un cristal maclado de ortoclasa maclada según la Ley de Carlsbad con $[001]$ como eje macla.

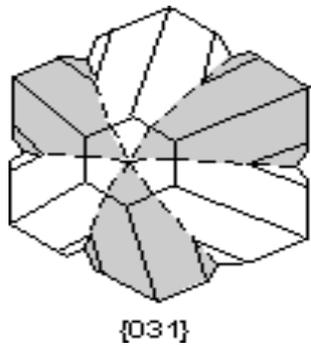


Las maclas de contacto también pueden ocurrir como maclas repetidos o múltiples.

- Si las superficies de las composiciones son paralelas entre sí, se denominan maclas polisintéticas. La plagioclasa muestra comúnmente este tipo de maclado, llamado Ley de las maclas, como la albita, con $\{010\}$ como plano de macla. Este maclado es una de las características más diagnósticas de la plagioclasa.



-Si las superficies de la composición no son paralelas entre sí, se denominan maclas cíclicas. Aquí se muestra la macla cíclica que ocurre en el crisoberilo a lo largo de un plano $\{031\}$.

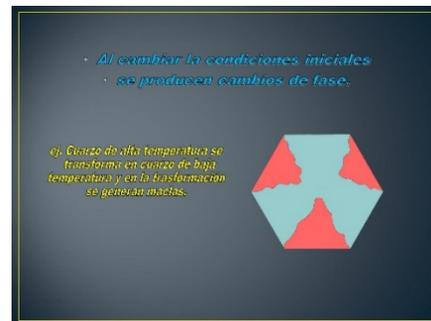


Origen del maclado

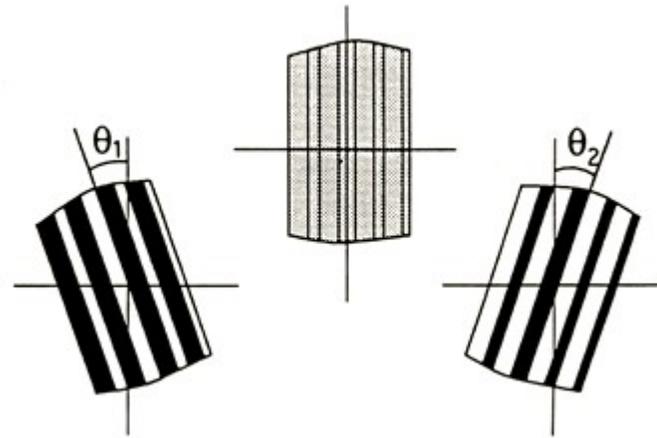
El maclado se puede originar de tres modos diferentes: Macla de crecimiento, macla de transformación y macla de deformación.

1. Maclas de crecimiento: cuando ocurren accidentes durante el crecimiento del cristal y se agrega un cristal nuevo a la cara de un cristal ya existente, se puede producir un maclado si el nuevo cristal comparte puntos de la celda en la cara del cristal existente, pero tiene una orientación diferente al cristal original. Dichas maclas de crecimiento pueden ser maclas de contacto, como se ilustra aquí, o pueden ser maclas de penetración. Todas las maclas discutidas hasta ahora son maclas de crecimiento.

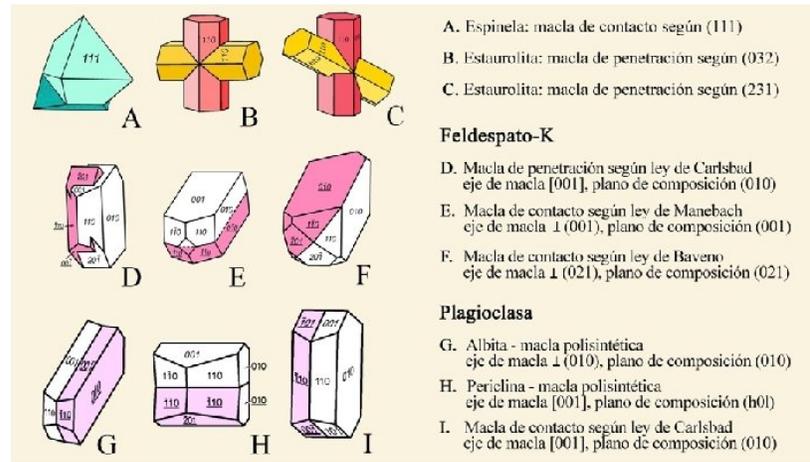
2. Maclas de transformación: el maclado de transformación ocurre cuando un cristal preexistente sufre una transformación debido a un cambio de presión o temperatura. Esto ocurre comúnmente en minerales que tienen diferentes estructuras cristalinas y diferente simetría a diferentes temperaturas o presiones. Cuando la temperatura o presión se cambia a aquella en la que una nueva estructura cristalina y simetría son estables, diferentes partes del cristal se disponen en diferentes orientaciones simétricas y, por lo tanto, forman un intercrecimiento de uno o más cristales. El maclado de Dauphiné y Brasil en cuarzo se forma comúnmente de esta manera durante una disminución de la temperatura. De manera similar, la combinación de maclado de albita y periclina en feldespatos alcalinos se produce cuando la sanidina de alta temperatura (monoclínica) se transforma en microclina de baja temperatura (triclínica). Este tipo de maclado solo se observa con el microscopio polarizador y da como resultado un patrón de maclado "tartán". Cuando este patrón de maclado se observa con el microscopio es una de las propiedades diagnósticas más características para la identificación de microclinas.



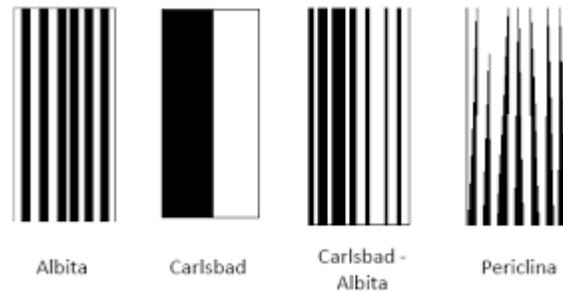
3. Maclas de deformación: durante la deformación, los átomos pueden salir de su lugar. Si esto sucede para producir una disposición simétrica, produce maclas de deformación. El mineral calcita puede maclarse fácilmente de esta manera, produciendo maclas polisintéticas en $\{01\bar{2}\}$.



-Ley de la albita: como se describe anteriormente, la plagioclasa ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) muestra muy el maclado polisintético de la albita. La ley de la macla: $\{010\}$ indica que el entrelazamiento ocurre perpendicular al eje cristalográfico b. El maclado de albita es tan común en la plagioclasa, que su presencia es una propiedad de diagnóstico para la identificación de plagioclasa.



LEY DE PERICLINA: la ley de periclina tiene [010] como eje de macla. Como se indicó anteriormente, el maclado de periclina se produce como resultado de la transformación de la ortoclasa monoclínica o la sanidina en microclina (todas tienen la misma fórmula química: KAlSi_3O_8). El maclado de periclina generalmente ocurre en combinación con el maclado de albita en microclina, pero solo es observable con el microscopio polarizador. La combinación de maclado de periclina y albita produce un patrón de trama cruzada, llamado maclado de tartán, como se discutió anteriormente, que distingue fácilmente a la microclina de los otros feldespatos bajo el microscopio.



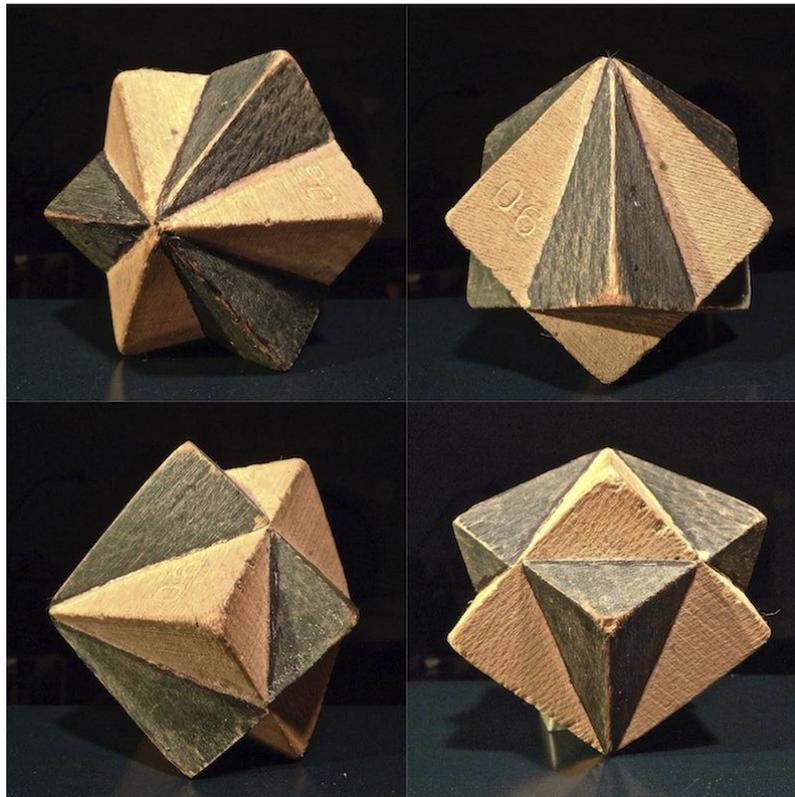
SISTEMA MONOCLÍNICO: las maclas más comunes en el sistema monoclinico ocurren en los planos $\{100\}$ y $\{001\}$. Los feldespatos, ortoclasa y sanidina, son los minerales maclados más comúnmente en el sistema monoclinico. Se producen tanto las maclas de contacto como las maclas de penetración, y ambos tipos son el resultado de accidentes durante el crecimiento.



-Ley de Manebach - {001} - forma una macla de contacto comúnmente observado en la ortoclasa mineral. Este maclado es muy diagnóstico de ortoclasa cuando ocurre.

- **LEY DE CARLSBAD** - [001] - se forma una macla de penetración en la ortoclasa mineral. Los cristales maclados bajo la Ley de Carlsbad muestran dos cristales intercrecidos, uno girado 180° respecto al otro alrededor del eje [001]. El maclado de Carlsbad es el tipo más común de maclado en la ortoclasa y, por lo tanto, es muy diagnóstico de ortoclasa cuando ocurre.

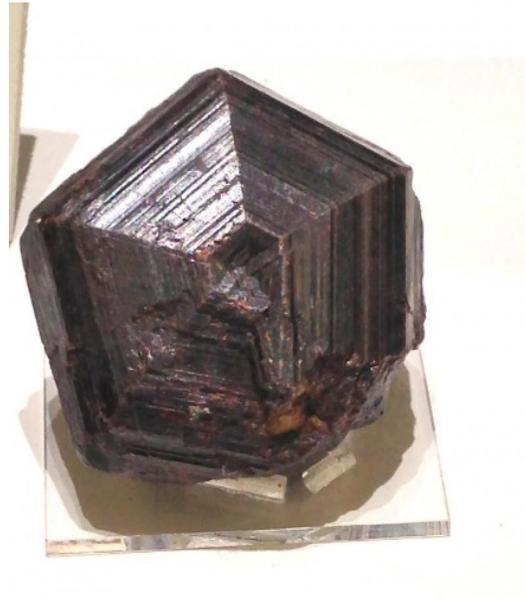
-Maclas cíclicas: el mineral aragonito (CaCO_3), crisoberilo (BeAl_2O_4) y cerusita (PbCO_3) comúnmente desarrollan maclado en $\{110\}$. Esto da como resultado una macla cíclica que le da a estos minerales una apariencia pseudo-hexagonal.



LEY DE LA ESTAUIROLITA - El mineral estauirolita es realmente monoclinico, pero tiene un ángulo β muy cercano a los 90° por lo que tiene la apariencia de un mineral ortorrómbico. En estauirolita se producen dos tipos de maclas de interpenetración: las maclas $\{031\}$ de una cruz en ángulo recto y las maclas $\{231\}$ forman una cruz a unos 60° .



SISTEMA TETRAGONAL: el maclado en el sistema tetragonal generalmente ocurre en $\{011\}$ formando maclas de contacto cíclicos. Los minerales rutilo (TiO_2) y casiterita (SnO_2) muestran comúnmente este tipo de maclado.



SISTEMA HEXAGONAL: los minerales calcita (CaCO_3) y cuarzo (SiO_2) son los minerales hexagonales más comunes y ambos muestran los tipos de maclado comunes en los minerales hexagonales.

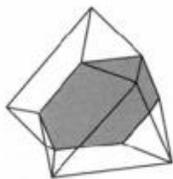
Maclas de calcita: las dos leyes de maclas más comunes que se observan en los cristales de calcita son $\{0001\}$ y el romboedro $\{01\bar{2}\}$. Ambas son maclas de contacto, pero las maclas $\{01\bar{2}\}$ también pueden ocurrir como maclas polisintéticas que resultan de la deformación.

El cuarzo muestra otras tres maclas hexagonales.

La Ley de Brasil - $\{11\bar{0}\}$ - es una macla de penetración que resulta de la transformación.

Ley Dauphiné - $[0001]$ - es también una macla de penetración que resulta de la transformación.

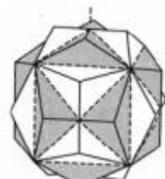
MACLAS DE CONTACTO Y DE PENETRACIÓN



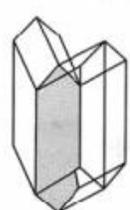
Espinela



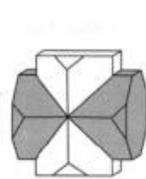
Fluorita



Pirita
(cruz de hierro)



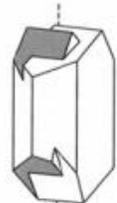
Yeso



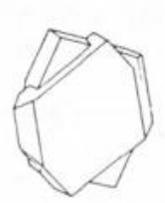
Estauroлита



Estauroлита



Ortosa
(ley de Carlsbad)



Ortosa
(ley de Carlsbad)

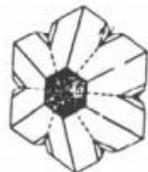


Cuarzo
(ley de Delfinado)

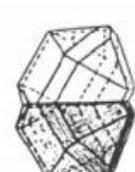


Cuarzo
(ley de Japón)

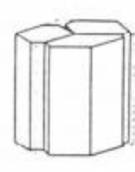
MACLAS MÚLTIPLES



Crisoberilo
(cíclica)



Rutilo

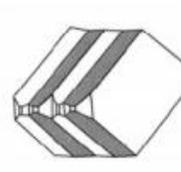


Aragonito
(cíclica)

MACLAS POLISINTÉTICAS



Calcita



Albita

La **ley japonesa** - {112} - es una macla de contacto que resulta de accidentes durante el crecimiento.



CRUZ DE HIERRO [001] - El mineral pirita (FeS_2) a menudo muestra la cruz de hierro formada por la interpenetración de dos piritoedros. Dado que esto ocurre en la clase $2/m$, sin ejes de rotación cuaternarios, el eje macla da al mineral una simetría cuádruple aparente alrededor de 3 ejes perpendiculares.

Polimorfismo

Polimorfismo significa "muchas formas". En mineralogía significa que puede existir una sola composición química con dos o más estructuras cristalinas diferentes. Como veremos cuando observemos más de cerca las estructuras cristalinas, si un cristal se somete a diferentes presiones y temperaturas, la disposición de los átomos depende de los tamaños de los átomos, y los tamaños cambian con la temperatura y la presión. En general, a medida que aumenta la presión, el volumen de un cristal disminuirá y se puede llegar a un punto en el que una estructura cristalina más compacta sea más estable. La estructura cristalina cambiará entonces a la de la estructura más estable, y existirá un mineral diferente. De manera similar, si se aumenta la temperatura, los átomos de la estructura cristalina tenderán a vibrar más y aumentar su tamaño efectivo. En este caso, se puede llegar a un punto en el que una estructura cristalina menos compacta sea más estable. Cuando la estructura cristalina cambia a la estructura más estable, se forma un mineral diferente.

El cambio que tiene lugar entre las estructuras cristalinas de un mismo compuesto químico se llama transformaciones polimórficas.

Tipos de transformaciones polimórficas

La estabilidad de las estructuras cristalinas se refiere generalmente en términos de la energía de la estructura cristalina. En términos generales, esto se puede considerar como la fuerza de enlace (entalpía) y la entropía (grado de orden o aleatoriedad) de la estructura. En general, la estructura con la energía más baja es la más estable a cualquier temperatura y presión determinadas.

Esto da como resultado tres tipos de transformaciones.

1. Transformaciones reconstructivas: implican una reordenación extensa de la estructura cristalina y requieren la ruptura de enlaces químicos y el reensamblaje de los átomos en una estructura cristalina diferente. Esto generalmente implica un gran cambio en la energía de la estructura que debe ocurrir a la temperatura o presión de transformación. Debido al extenso reordenamiento involucrado, la velocidad a la que ocurre este tipo de transformación puede ser muy lenta. Si la tasa de transformación es muy lenta, pueden existir polimorfos inestables (metaestables) durante largos períodos de tiempo.

2. Transformaciones desplazadas: solo implican pequeños ajustes en la estructura cristalina. Generalmente no se rompen enlaces, pero los ángulos entre los átomos pueden cambiar ligeramente. Debido a que hay poca reordenación, las transformaciones de desplazamiento no implican ningún cambio en la energía a la temperatura o presión de transformación, y las transformaciones son instantáneas y reversibles. Por tanto, no se producirán polimorfos inestables.

Por ejemplo, a 1 atmósfera de presión, el cuarzo alto (cuarzo β) es la forma estable del cuarzo por encima de 580° C. Cuando el cuarzo alto se lleva a una temperatura por debajo de 580°, inmediatamente se transforma en cuarzo bajo (cuarzo α). Por lo tanto, nunca se ve cuarzo alto en rocas en la superficie de la Tierra.

3. ORDEN - Transformaciones de desorden - estas involucran el estado de orden o desorden en una estructura cristalina. El orden perfecto solo puede ocurrir a una temperatura de cero absolutos (-273°C). A medida que aumenta la temperatura, el grado de orden o aleatoriedad de una estructura cristalina disminuye, de modo que las formas de minerales de temperatura más alta están más desordenadas que las formas de temperatura más baja. Debido a que el estado de desorden del orden cambia gradualmente con el aumento de la temperatura, no existe una temperatura definida a la que se produzca una transformación.

Un ejemplo de transformaciones polimórficas que implican desorden de orden es el compuesto KAlSi_3O_8 . A alta temperatura, la forma estable es sanidina (monoclínico). A una temperatura más baja, la estructura cambia a una de ortoclasa (también monoclínica), y a una temperatura aún más baja, la estructura se vuelve la de la estructura más ordenada de la microclina (también triclínica).

No existe una temperatura definida a la que sanidino cambie a ortoclasa o la ortoclasa cambie a microclina, ya que la estructura cambia gradualmente a medida que la temperatura desciende. Si el cambio de temperatura es rápido, entonces los polimorfos inestables pueden seguir existiendo a baja temperatura.

- Carbono: tiene dos polimorfos. A alta presión, el carbono tiene una estructura cristalina isométrica que se llama diamante. A medida que disminuyen la temperatura y / o la presión, el diamante debe sufrir una transformación reconstructiva a la estructura hexagonal del grafito. Debido a que esta transformación implica una reordenación drástica de los átomos en la estructura cristalina, como lo demuestra el hecho de que el diamante es la sustancia natural más dura y el grafito es una de las más suaves) el diamante se encuentra en las condiciones T y P presentes en la superficie de la Tierra, donde, por lo tanto, solo es metaestable.

- Las transformaciones entre los tres polimorfos son reconstructivas, por lo que las tres formas pueden existir de manera metaestable en la superficie de la Tierra. Sin embargo, las tasas de transformación son algo más rápidas a temperaturas más altas en la Tierra.

- CaCO_3 : tiene dos polimorfos. La forma de alta presión es aragonito (ortorrómbica) y la forma de baja presión es calcita (hexagonal). La transformación entre los dos polimorfos es reconstructiva, por lo que los polimorfos metaestables pueden salir.

- CaCO_3 : tiene dos polimorfos. La forma de alta presión es aragonito (ortorrómbica) y la forma de baja presión es calcita (hexagonal). La transformación entre los dos polimorfos es reconstructiva, por lo que los polimorfos metaestables pueden salir.

Los polimorfos que experimentan transformaciones de desorden de orden con la disminución de la temperatura. El polimorfo de alta temperatura es la sanidina (monoclínica). Por lo general, solo se encuentra en rocas volcánicas que se han enfriado muy rápidamente, por lo que no se logra un estado de orden superior. Con un enfriamiento más lento, la sanidina finalmente se transforma en ortoclasa (también monoclínica) y la ortoclasa finalmente se transforma en microclina (triclínica) con un enfriamiento más lento.

Minerales metamicticos

Los minerales metamicticos son minerales cuya estructura cristalina ha sido parcialmente destruida por la radiación de los elementos radiactivos contenidos. La ruptura de la estructura cristalina resulta del bombardeo de partículas emitidas por la desintegración de los isótopos radiactivos U y Th.

El mineral circón (ZrSiO_4) a menudo tiene átomos de U y Th que sustituyen a Zr en la estructura de los cristales. Dado que U y Th tienen isótopos radiactivos, a menudo se observa que el circón se presenta en varias etapas de metamictización.

Pseudomorfismo

El pseudomorfismo es la existencia de un mineral que tiene la apariencia de otro mineral. Pseudomorfo significa forma falsa. El pseudomorfismo ocurre cuando un mineral se altera de tal manera que cambia su estructura interna y composición química, pero se conserva su forma externa. Se pueden definir tres mecanismos de pseudomorfismo:

- Sustitución. En este mecanismo, los constituyentes químicos se eliminan simultáneamente y se reemplazan por otros constituyentes químicos durante la alteración. Un ejemplo es el reemplazo de fibras de madera por cuarzo para formar madera petrificada que tiene el aspecto exterior de la madera original, pero está compuesta de cuarzo. Otro ejemplo es la alteración de la fluorita que forma cristales isométricos y a veces es reemplazada por cuarzo durante la alteración. Los cristales de cuarzo resultantes tienen un aspecto isométrico y se dice que están pseudomorfizados después de la fluorita.



- Incrustaciones. Si durante el proceso de alteración se forma una fina costra de un nuevo mineral en la superficie de un mineral preexistente, entonces el mineral preexistente se elimina, dejando atrás la costra, decimos que el pseudomorfismo ha sido el resultado de una incrustación. En este caso, la fina corteza del nuevo mineral tendrá moldes de la forma del mineral original.

- Alteración. Si solo ha tenido lugar la eliminación parcial del mineral original y solo el reemplazo parcial por el nuevo mineral, entonces es posible que el espacio que una vez estuvo ocupado por completo por el mineral original esté parcialmente compuesto por el nuevo mineral. Esto da como resultado, por ejemplo, serpentina formada después del olivino piroxeno, anhidrita (CaSO_4) después de la deshidratación del yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), limonita [$\text{FeO} \cdot (\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$] después de pirita (FeS_2) y anglesita (PbSO_4) después de galena (PbS).

[Alkali-Nuts](#) contains information on the minerals and environment surrounding Mont Saint-Hilaire (MSH), Quebec. The site has both [English](#) and [Francais](#) versions.

Alphabetical Mineral Reference from the UC Berkeley mineral database.

[Amethyst Galleries' Mineral Gallery](#) has a searchable mineral database with detailed information. They also feature minerals for sale.

ATHENA MINERALOGY presents Pierre Perroud's searchable database. This site contains mineral name, formula, and systematic listings of all known species.

[Bob's Rock Shop](#) contains free [software](#) and data for MinDB (Mike McCormack).

[Carbonate-Bearing Minerals](#): by L. Bruce Railsback, Department of Geology, University of Georgia. This is a listing of all known carbonate-bearing minerals for which names have been approved by the IMA's CNMMN.

[Crocoite.com](#) is one site to guide you to the minerals and mineral localities of Tasmania, mainland Australia, and New Zealand. Search mineral localities and minerals for sale.

[Ecole des Mines de Paris](#) contains extensive listings of name origins and scientific references of [mineral species](#).

[Euromin project](#) provides information about minerals preserved in the great museums of Europe.

[Franklin & Sterling Hill Minerals](#) provides a complete listing of the unique minerals found at Franklin and Sterling Hill, New Jersey. Many of these minerals fluoresce in vivid colors when viewed with an ultraviolet light.

[International Mineralogical Association \(IMA\)](#) was established in [1958](#) as a non-profit organization with the [mission](#) to further international co-operation in the mineralogical sciences.

[Institute of Experimental Mineralogy](#) presents [WWW-MINCRYST](#), the Crystallographic Database for Minerals. This is a first-class mineral database with x-ray, crystal structure and unit cell information in a searchable database.