

Capítulo

4 / 2

La página

Diferenciación magmática  
Serie de BOWEN

PRINT: Imprimir PDF  
Versión-PDF

Norman L. Bowen  
(\*1887 - †1956)

Geólogo Canadiense, petrólogo experimental, en los años 1928 descubrió y publicó la serie de cristalización (Hoy "serie de Bowen"). Trabajó en los laboratorios de la Carnegie Institution de Washington (EEUU)

Página: [Diferenciación magmática](#) / [Serie de BOWEN](#)

### 3.1 Diferenciación por cristalización -Cristalización de un magma de silicatos

#### Términos y Definiciones:

Diferenciación: formación de magmas parciales de distintas composiciones.

Fracionamiento: separación de los minerales cristalizados del magma restante por gravitación por ejemplo.

A partir del magma los cristales de silicatos se forman sucesivamente cuando la temperatura del magma llega a la temperatura de fusión típica para cada tipo de cristal. Los primeros cristales formados a altas temperaturas después pueden cambiar su composición o pueden disolverse nuevamente. De tal modo los cristales ya formados contribuyen con sus iones, moléculas y átomos al magma y se combinan nuevamente formando nuevos cristales cuya temperatura de fusión es más baja que la de los primeros cristales formados. Se dice que los nuevos cristales son estables a las temperaturas más bajas establecidas ahora. Estos procesos de cambio se llaman reacciones. Como ocurren varias reacciones sucesivas conforme disminuye la temperatura del magma la serie ordenada de reacciones se llama la serie de BOWEN en honor al científico canadiense que formuló este concepto. Se distinguen dos tipos de reacciones, la reacción continua y la reacción discontinua.

Por reacción continua un cristal formado a altas temperaturas como una plagioclasa rica en el componente  $Ca^{2+}$  varía gradualmente su composición reemplazando una porción de los iones de  $Ca^{2+}$  por los iones de  $Na^+$  y una porción de los iones  $Al^{3+}$  por los iones de  $Si^{4+}$ . Para mantener su neutralidad el reemplazo de  $Ca^{2+}$  por  $Na^+$  está acoplado con el reemplazo de  $Al^{3+}$  por  $Si^{4+}$ . La serie de reacción continua parte de la plagioclasa rica en  $Ca^{2+}$ , pasa por varias plagioclasas de composición intermedia hacia la plagioclasa rica en  $Na^+$ .

Por reacción discontinua un cristal máfico formado a alta temperatura reacciona con el líquido restante, una porción de los cristales formados a alta temperatura se disuelve y sus iones constituyen juntos con otros iones del magma otro mineral más rico en Si y estable a una temperatura más baja que la del primero mineral cristalizado. La serie de reacción discontinua inicia con la cristalización de olivino pasa hacia el piroxeno seguido por el anfíbol seguido por la biotita.

La serie de BOWEN incluye las dos ramas convergentes de las series continua y discontinua. La plagioclasa rica en  $Na^+$  cristaliza casi simultáneamente con la biotita. Ambos siguen el feldespato alcalino, la moscovita y el cuarzo en el orden de la temperatura disminuyéndose.

Considerando la estructura cristalina de los minerales máficos de la serie de reacción discontinua se observa a altas temperaturas la cristalización de las estructuras de tetraedros de  $(SiO_4)_4^-$  sencillas y con la temperatura sucesivamente disminuyéndose las estructuras de tetraedros de  $(SiO_4)_4^-$  se vuelven más complejos. El olivino, cuya estructura se constituye de los tetraedros de  $(SiO_4)_4^-$  independientes cristaliza al primero a las temperaturas más altas, seguido por el piroxeno con cadenas simples de tetraedros de  $(SiO_4)_4^-$ , seguido por el anfíbol con cadenas dobles de tetraedros de  $(SiO_4)_4^-$  y al final se forma la biotita con su estructura compleja de láminas de tetraedros de  $(SiO_4)_4^-$ .

Se distinguen algunos pocos tipos primarios de magmas como por ejemplo el magma basáltico. Entre otras causas la diferenciación magmática se debe al descenso de los cristales precipitados temprano y de mayor densidad en comparación con el magma restante, tales minerales como olivino, piroxeno y espinela. El descenso de estos cristales es en gran parte un efecto de la gravitación. Por esto se habla de una diferenciación gravitativa. Los cristales precipitados temprano se acumulan en el fondo de la cámara magmática. La acumulación de los cristales se denomina cúmulos. Los cúmulos son ricos en los elementos Mg, Fe, Cr y Ni. El magma restante es rico en los elementos Si, Al, Na y K. Ocasionalmente algunos minerales relativamente livianos precipitados tempranos se separan del magma restante más denso y suben hacia arriba. Este proceso se ha observado en la chimenea del volcán Vesubio, Italia, donde los cristales menos denso de leucita se precipitaron temprano, se separaron del magma restante más denso y subieron. Durante un enfriamiento paulatino del magma el proceso de la diferenciación gravitativa entre el cúmulo de cristales y el magma restante puede ocurrir varias veces supuesto que los cristales sean separados del magma restante.

Las fábricas de cúmulo están realizadas principalmente en los cuerpos plutónicos máficos y ultramáficos y se las llaman 'layered intrusions' o es decir intrusiones estratificadas. La 'layered intrusion' la más grande es el complejo de Bushveld, África del Sur y es un cuerpo magmático de 450 x 350km de 9 km de espesor, compuesto de estratos de peridotita, piroxenita, gabro, norita y anortosita. En su parte inferior se sitúan 15 bandas de cromita de espesores hasta 1m suprayacentes por 25 bandas de magnetita. Otros cúmulos son la intrusión de Skaergard en Groenlandia y el complejo de Stillwater en Montana, EE.UU.



W. Griem (2012)

Grupo de los Olivinos  
Forsterita  $Mg_2SiO_4$   
Fayalita:  $Fe_2[SiO_4]$

## Contenido

### Apuntes Geología General



Contenido Geología General

1. Introducción
1. Universo - La Tierra
2. Mineralogía
3. Ciclo geológico
4. Magmático

[Intro: Las rocas ígneas](#)

[Diferenciación y Bowen](#)

[Secuencia magmática](#)

[Denominación por SiO2](#)

[Diagrama STRECKEISEN](#)

[Clasificación por máficos](#)

[Intrusivas](#)

[Hipabisales](#)

[Volcánicas](#)

[Piroclásticas](#)

[Geoquímica magmática](#)

[5. Sedimentario](#)

[6. Metamórfico](#)

[7. Deriva Continental](#)

[8. Geología Histórica](#)

[9. Geología Regional](#)

[10. Estratigrafía - perfil y mapa](#)

[11. Geología Estructural](#)

[12. La Atmósfera](#)

[13. Geología económica](#)



[Apuntes](#)

[Principios de las ciencias](#)

[Museo Virtual - fotos de muestras](#)

[Rocas ígneas](#)

[Rocas volcánicas](#)

[Rocas sedimentarias](#)

[Rocas metamórficas](#)



[Historia de las geociencias y minería](#)

[Apuntes Geología General:](#)

[Rocas magmáticas](#)

[Sedimentología](#)

[Rocas metamórficas](#)

[Cristalización](#)

[Apuntes Geología General:](#)

[texturas rocas magmáticas](#)

[textura de rocas sedimentarias](#)

[clásticas](#)

[Rocas metamórficas](#)

[Páginas de Geología](#)

[Apuntes Geología General](#)

[Apuntes Geología Estructural](#)

[Apuntes Depósitos Minerales](#)

[Colección de Minerales](#)

[Periodos y épocas](#)

[Figuras históricas](#)

[Citas geológicas](#)

[Exploración - Prospección](#)

[Índice de palabras](#)

[Bibliografía](#)

[Fotos: Museo Virtual](#)

[Recorrido Geológico](#)

[fotos geológicas](#)



[Textura porfídica](#)

[Museo Virtual](#)

[magmáticas](#)

[sedimentarias](#)

[metamórficas](#)

Módulo de citas: [Máficicos / ígneas \(más +\)](#)

[Magma - Petrografía de rocas ígneas](#)



Granito  
Véase Museo Virtual

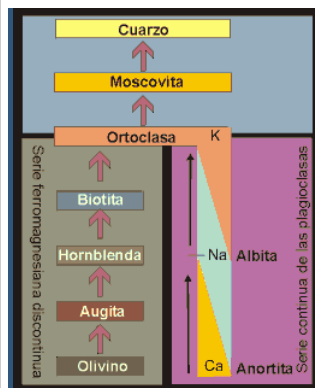


Fig. Serie reacciones de Bowen

La formación de magmas parciales se explica por

- La diferenciación gravitativa
- El principio de reacción de BOWEN (véase figura izquierda):

Las reacciones de los minerales cristalizados temprano con el magma restante se puede describir esencialmente con los dos siguientes sistemas sencillos de modelo:

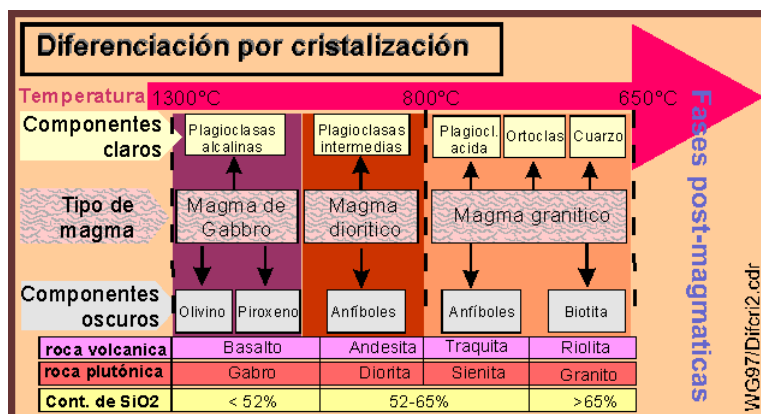
Forsterita ( $Mg_2SiO_4$ ) -  $SiO_2$  apropiado para los minerales máficos como olivino y piroxeno:

Cristalización del olivino → separación parcial del magma restante por gravitación (acumulación del olivino en el fondo de la cámara magmática) o por la formación de una aureola de piroxeno alrededor del olivino, la cual funciona como un escudo de protección impidiendo que el olivino reaccione con el magma → magma restante enriquecido en  $SiO_2$  y en  $Fe^{2+}$ , más pobre en MgO respecto al magma originario → descenso de la temperatura → formación de (Mg, Fe) piroxeno → (Mg, Fe) Ca-piroxeno → hornblenda → biotita.

Los minerales cristalizados relativamente tarde como hornblenda y piroxeno incorporan grupos de OH en su estructura.

Factores importantes de la diferenciación del magma son:

- la temperatura,
- la composición del magma restante variándose,
- la presión parcial del gas de  $H_2O$  a partir de la cristalización de los minerales caracterizados por grupos de OH.



véase: [Basalto](#) / [Andesita](#) / [Traquita](#) / [Riolita](#) / [Gabro](#) / [Diorita](#) / [Sienita](#) / [Granito](#)

El contenido mineral modal de las magmatitas varía ampliamente con los contenidos en los óxidos. La variabilidad de las rocas magmáticas se basa en los procesos de su formación mencionados en lo siguiente:

- Formación de magmas primarios diferentes en el [manto superior](#).
- Formación de magmas en la corteza oceánica profundamente hundida.
- Diferenciación de estos magmas por cristalización fraccionada.
- Interacción de los magmas de origen profundo con las rocas de la corteza terrestre y su evolución por medio de diferenciación y otros procesos.

Literatura:

Best, M. C. (1982): Igneous and Metamorphic Petrology. - Freeman, San Francisco.

Bowen, N. L. (1915): The later stages of the evolution of the igneous rocks. - Journal of Geology; vol.23, pág. 1-89.

Bowen, N. L. (1928): The evolution of the igneous rocks. - Princeton University Press.

HURLBUT, C.S. & KLEIN, C. (1982): Manual de Mineralogía de Dana. Reverté, Barcelona.

HURLBUT, C.S. & KLEIN, C. (1993). Manual of Mineralogy. John Wiley and Sons, New York.

KLEIN, C. (1993). Minerals and Rocks. John Wiley and Sons, New York.

MARESCH, MEDENBACH & TROCHIM (1987): Gesteine.- Die Farbigen Naturfuehrer; 287 páginas, Mosaik Verlag, Muenchen.

MARESCH, W., MEDENBACH, O. & TROCHIM, H.D. (1990): Rocas. 287 páginas, Blume (editorial).

MATTHES, S. (1987): Einfuehrung in die spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstaettenkunde.- 444 pág., 165 fig., 2 tablas, Springer Verlag, Berlin

PICHLER, H. & SCHMITT-RIEGRAF, C. (1987): Gesteinsbildende Minerale im Duenschliff.- 230 pág., 322 fig. 22 tabl, Enke Verlag

WILSON (1989): Igneous Petrogenesis (A global tectonic approach).- 466 páginas, Allen & Unwin

WIMMENAUER, W. (1985): Petrographie der magmatischen und metamorphen Gesteine. -381 pág., 297 fig. Enke Verlag, Stuttgart.

**Revistas:**

Yoshihiko Tamura, Yoshiyuki Tatsumi, Dapeng Zhao, Yukari Kido and Hiroshi Shukuno (2002): Hot fingers in the mantle wedge: new insights into magma genesis in subduction zones . - Earth and Planetary Science Letters; Volume 197, Issue 1-2, Pages 105-116 [Abstract](#)

R. B. Trumbull, R. Wittenbrink, K. Hahne, R. Emmermann, W. Büsch, H. Gerstenberger and W. Siebel (1999): Evidence for Late Miocene to Recent contamination of arc andesites by crustal melts in the Chilean Andes (25–26°S) and its geodynamic implications. - Journal of South American Earth Sciences; Volume 12, Issue 2; Pages 135-155 ([online](#))

---

---

[www.geovirtual2.cl](http://www.geovirtual2.cl)

[Apuntes](#)

[Apuntes Geología General](#)

[Apuntes Geología Estructural](#)

[Apuntes Depósitos Minerales](#)

[Periodos y épocas](#)

[Módulo de referencias - geología](#)

[Índice principal - geología](#)

[Entrada del Museo virtual](#)

[Recorrido geológico](#)

[Colección virtual de minerales](#)

[Sistemática de los animales](#)

[Historia de las geociencias](#)

[Retratos históricos minería](#)

[Fósiles en retratos históricos](#)

[Índice principal - geología](#)

[Región de Atacama / Lugares turísticos](#)

[Historia de la Región](#)

[Minería de Atacama](#)

[El Ferrocarril](#)

[Flora Atacama](#)

[Fauna Atacama](#)

[Mirador virtual / Atacama en b/n](#)

[Mapas de la Región / Imágenes 3-dimensionales](#)

[Clima de la Región Atacama](#)

[Links Enlaces y Bibliografía](#)

[Índice de nombres y lugares](#)

[sitemap](#) - [listado de todos los archivos](#) - [contenido esquemático](#)

[geovirtual2.cl](http://geovirtual2.cl) / [contenido esquemático](#) / [Apuntes](#) / [Apuntes geología general](#)



© Dr. Wolfgang Griem, Copiapó - Región de Atacama, Chile

Actualizado: 17.7.2015

[mail - correo electrónico - contacto](#)

[Autor info's aquí: Google+](#)

Todos los derechos reservados

No se permite expresamente la re-publicación de cualquier material del Museo Virtual en otras páginas web sin autorización previa del autor: [Condiciones](#) [Términos](#) - [Condiciones del uso](#)