

Capítulo 20

Intrusiones maficas bandeadas (LMIs)

Introducción

Las rocas máficas y ultramáficas se originan en los mismos ambientes geotectónicos que los basaltos y representan un enfriamiento lento en profundidad y raramente alcanzan la superficie, por lo menos en el Fanerozoico. Los gabros son equivalentes a los basaltos, pero han cristalizado lentamente en profundidad.

Las rocas ultramáficas y anortositas suelen ser monominerálicas, formadas por sólo olivino, o piroxeno, o plagioclasa. Esta característica junto con la virtual ausencia de rocas volcánicas equivalentes, sugieren que estas rocas, en general, son diferenciados cristalinicos de magmas de origen mantélico.

Estas “Grandes Intrusiones Máficas”, suelen tener estructura bandeada de ahí su nombre LMIs (Winter 2001). El alzamiento y erosión de estos grandes cuerpos proporcionan un excelente laboratorio natural en los que se pueden observar los productos de la dinámica petrogenética, que acompaña la cristalización. La mayoría de los LMIs, se asocian con basaltos y son de edad precámbrica, relacionados probablemente con los altos gradiente geotérmicos, siendo probable que muchos de estos cuerpos máficos emplazados en la corteza no hayan alcanzado nunca la superficie por su alta densidad.

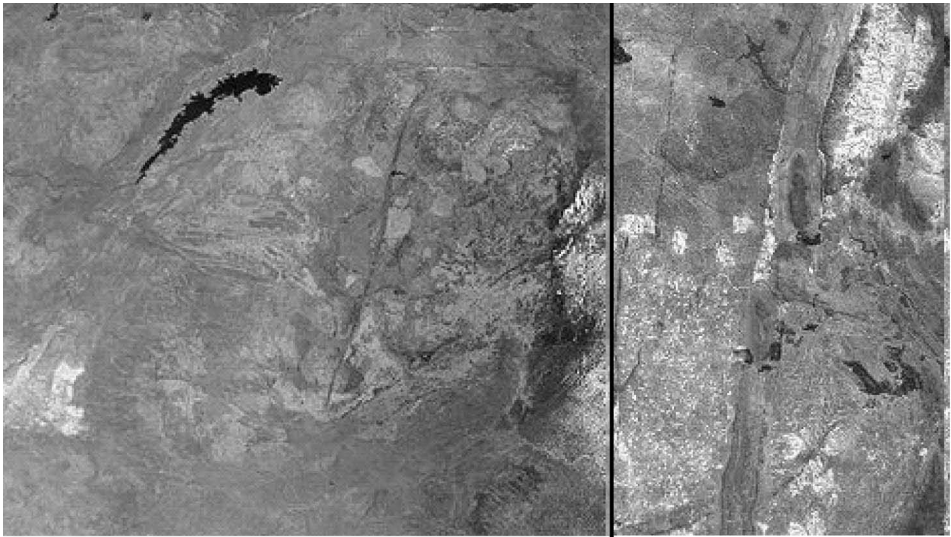


Fig. 20-1. Gran dique de Zimbawe (Rhodesia).

Intrusiones Básicas

Los gabros gradan a diabasas oofíticas en pequeños intrusivos, diques y filones capa. Con el incremento de las dimensiones de la intrusión se incrementa el tamaño de grano y los efectos de la diferenciación magmática se hacen más evidentes en las variaciones de composición y en la fábrica. Rocas monominerálicas, de piroxenita, peridotita, dunita y anortosita, así como diferenciados residuales más félsicos están presentes.

Las intrusiones básicas caen en dos grupos distintos: a) Diques y filones capa diferenciados internamente y sin bandeamiento y b) Grandes intrusiones diferenciadas bandeadas. Las diferencias están dadas por las dimensiones, ambiente y tiempo de cristalización, que se reflejan en la fábrica y composición de los intrusivos.

Diques y Filones capa diferenciados

Los diques y filones capa, carecen de texturas cumulus, que son típicas de los cuerpos máficos mayores estratificados. Las características de muchos de los filones capa diferenciados de todo el mundo han sido estudiados (Carmichael et al. 1974) y un ejemplo es el Gran Dique de Zimbabwe en Rhodesia, de centenares de kilómetros de longitud, que ha sido inyectado pasivamente dentro de zonas de tensión (Fig. 20-1). Como en el caso de los filones capa, el magma probablemente ascendió hasta un nivel determinado, controlado por la mayor densidad relativa que las rocas circundantes.

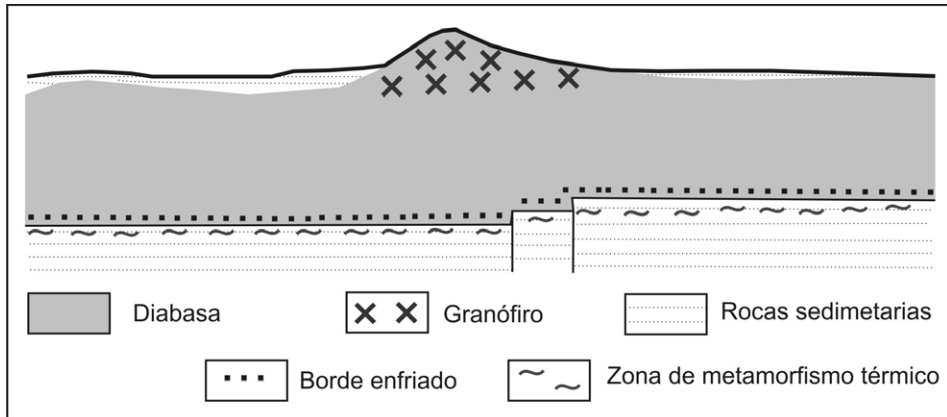


Fig. 20-2. Esquema filón capa Red Hills (Tasmania). El granófiro se acumula debajo de un bloque fallado y elevado. (modificado de Mc Birney 1984).

Un filón capa diferenciado muy conocido es la intrusión del Red Hill de Tasmania (Fig. 20-2), que tiene un espesor máximo de 700 m, con potencias de 400 m y desarrolla cúpulas que ascienden otros 300 m, en las que se han acumulado materiales diferenciados más livianos, como granófiros. La composición es toléfica y muestra en ambos bordes zonas de grano fino por enfriamiento, en contacto con la roca de caja sedimentaria.

Grandes intrusiones diferenciadas bandeadas

Las intrusiones bandeadas mayores de decenas a centenas de kilómetros cuadrados y miles de metros de espesor, son en su mayoría de edad Precámbrica. Las intrusiones más jóvenes son más pequeñas y generalmente están relacionadas con intrusiones más ácidas.

En la formación y evolución de estas intrusiones actúan diversos procesos físicos de cristalización y diferenciación produciendo: a) Bandeado: por segregación gravitacional, y b) Corrientes magmáticas convectivas, que producen capas gradadas. La gradación se debe,

tanto a la depositación de cristales grandes, como a la concentración de minerales densos como magnetita, ilmenita, cromita, etc., en la base de las capas (Figs. 20-3 A y B).

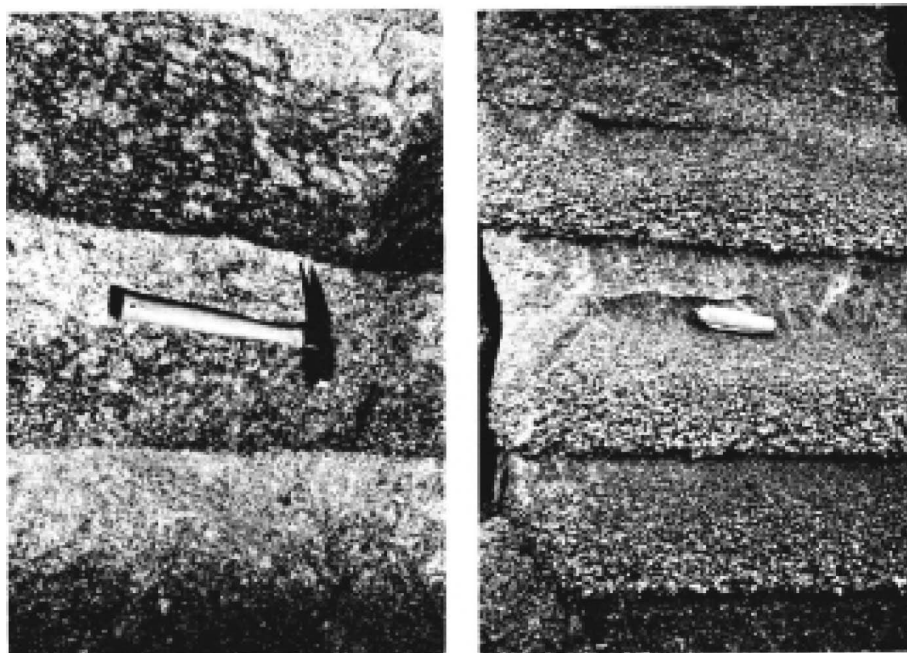


Fig. 20-3. A: Bandeado por concentración de minerales máficos más densos en la base (Duke Island). B: Bandeado por separación de minerales mayor tamaño en la base (Skaergard).

Propiedades

Algunas intrusiones bandeadas parecen ser “embudos” (lopolitos), en los que el diámetro relativo de la chimenea a la altura de su eje subvertical varía ampliamente.

El bandeado es discordante con las paredes del embudo y distintivo como lo es la estratificación en las secuencias sedimentarias. Las capas individuales varían desde milímetros a decenas de metros de espesor y desde metros a decenas de kilómetros en extensión lateral. El bandeado es definido por variación de las proporciones relativas de los minerales. Las variaciones gradacionales de minerales dentro de una capa, con una mayor concentración de mafitos en el piso y más plagioclasa en el techo, son comunes. Otros tipos de capas no muestran selección y son isomodales, siendo las más comunes en las intrusiones estratificadas. Una propiedad sorprendente de algunas capas minerales gradadas, inducidas por gravedad es la ausencia de selección hidráulica por tamaños de los granos constituyentes, por lo que es probable que la depositación se haya ocurrido por corrientes de densidad.

Las similitudes entre bandeado y fábrica granulométrica, en cuerpos sedimentarios clásticos con el bandeado rítmico y la fábrica cumulus de intrusiones estratiformes, sugieren procesos similares a la sedimentación. En intrusiones estratificadas, con 2 o 3 fases cristalinas, los componentes son producto de sedimentación magmática. En tales cumulatos según (Wager y Brown, 1968), los granos de minerales cumulus se interpretan como depositados desde un fundido bajo la influencia de la gravedad en el sitio, mientras que los minerales post-cumulus crecen alrededor de los mismos. Por comparación, en las rocas clásticas tales como areniscas hay generalmente una clara distinción textural entre los granos detríticos acumulados por gravedad y el cemento secundario que los rodea.

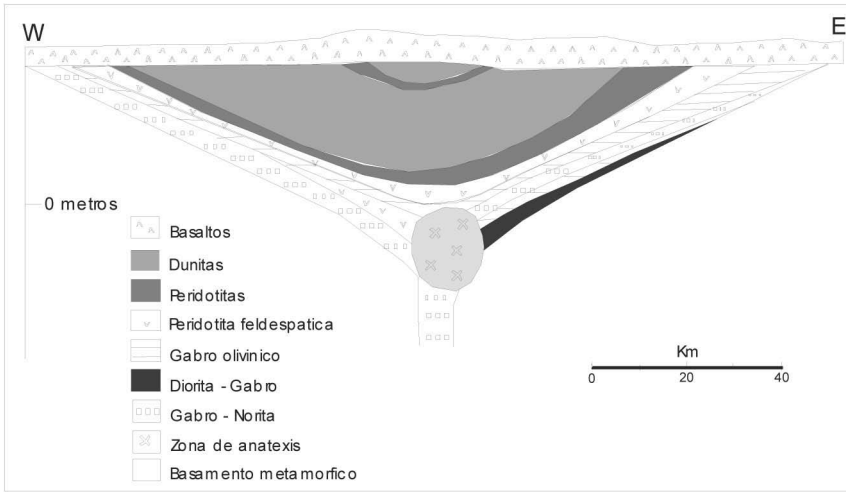


Fig. 20-4. Sección simplificada del lopolito de Muskox (Canadá).

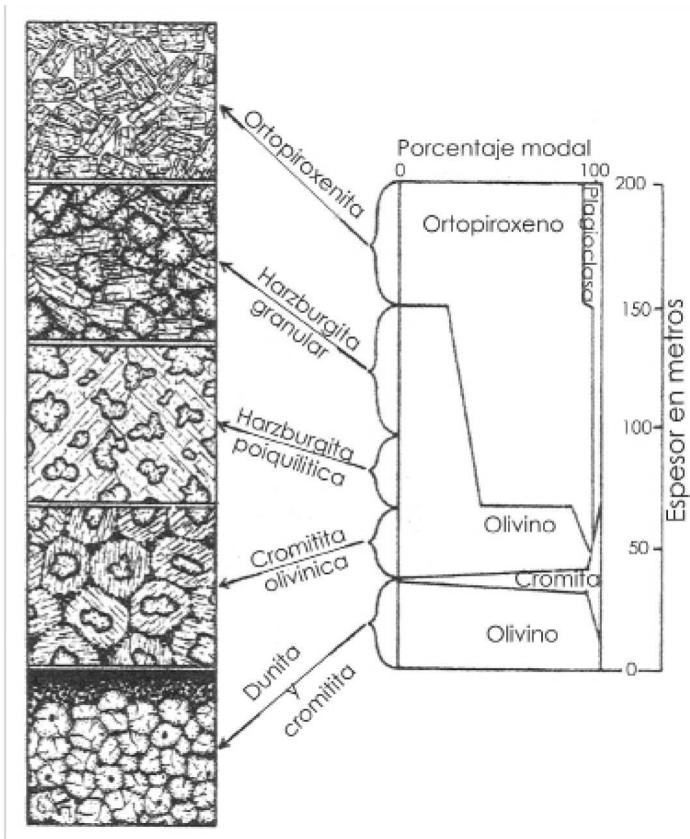


Fig. 20-5. Secuencia cíclica en la intrusión ultramáfica bandeada de Stillwater.

Básicamente la sedimentación magmática involucra simultáneamente asentamiento de cristales, inducida por la gravedad y convección del flujo de magma. El fraccionamiento

líquido-cristal asociada con asentamiento de cristales permitirían explicar la variación mineral críptica, con la fracción cristalina más rica en Ca y Mg que se acumulan en la base de la secuencia.

Con respecto a las fases cumulus, tres caracteres principales del bandeo son tenidos en cuenta: a) bandeo modal o unidades cíclicas; b) bandeo mineral críptico y; c) fases del bandeo.

a) El bandeo modal o unidades cíclicas: es la característica más notable y presenta variaciones en la sección vertical del intrusivo. Puede ser - rítmica o intermitente -. El espaciamiento uniforme, puede calificarse como rítmico, pero muchos no son regulares y se los denomina intermitentes.

Dentro de las capas inferiores y en las porciones ultramáficas de las grandes intrusiones hay comúnmente una repetición regular de una cierta secuencia de capas de cumulos. Así en la intrusión Muskox, un espeso cumulato de olivino, es seguido por uno delgado de olivino-clinopiroxeno y luego por otro de piroxeno-olivino-plagioclasa; este triplete de capas o unidad cíclica se repite en forma reiterada.

b) Bandeo mineral críptico: está dado por la variación de la composición química de determinados minerales, según su ubicación en las distintas capas, como por ejemplo, olivino, plagioclasas y piroxenos.

c) El término fases del bandeo: es usado para denotar intervalos definidos por la presencia de un mineral particular (olivino, piroxeno, etc.) en la secuencia de cristalización, con espesores de centímetros a metros. Así un mineral distintivo puede servir para delimitar unidades de una intrusión diferenciada. En Skaegaard se observan variaciones crípticas y minerales (fases) del bandeo.

Wager y Deer (1939), fueron los primeros en describir el bandeo en Skaegaard, postulando a la convección como responsable del bandeo rítmico, laminación ígnea, bandeo entrecruzado y estructuras lenticulares y de deslizamiento. Como fue desarrollado posteriormente por Wager y Brown (1968) la hipótesis de convección, presume una gran pérdida de calor desde el techo de la intrusión, en relación con las paredes y el techo. Esto indica que el magma próximo al techo comenzó a cristalizar primero y al ser más denso y gravitacionalmente inestable descendería a lo largo de las paredes de la intrusión y siguiendo una distribución horizontal sobre el piso y con goteo de cristales suspendidos, que se formarían en el inmediato contacto del techo del intrusivo (Fig. 20-6).

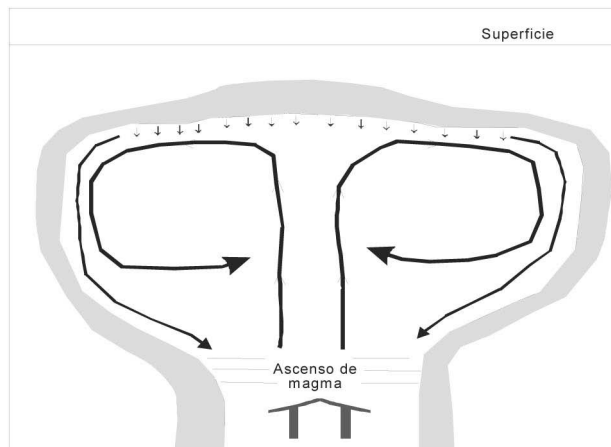


Fig. 20-6. Esquema de enfriamiento y cristalización en una cámara magmática somera, mostrando las posibles formas de convección y deposición de minerales.

Dos tipos de convección fueron postulados; una lenta, por efecto de una corriente uniforme que produce capas más o menos isomodales y corrientes intermitentes rápidas dentro de la espuma de cristales sobre el piso y como ellos están en reposo producen capas gradadas de mineral y capas lenticulares de mineral, desde una suspensión con abundantes cristales.

El enfriamiento de las intrusiones estratificadas de magma emplazados en niveles someros de la corteza, puede realizarse por conducción y por transferencia convectiva, por la circulación hidrotermal de agua meteórica alrededor de los intrusivos (McBirney, 1984).

La acumulación de cristales se iniciaría en las proximidades del piso de la intrusión. La falta de selección hidráulica en algunas capas indica que el asentamiento de los granos de cumulus puede ocurrir como en los procesos de sedimentación clástica, con posteriores nucleaciones y fenómenos de cristalización, que podrían estar involucrados en este sistema magmático químicamente complejo. En las intrusiones estratiformes hay un incremento del cumulus de plagioclasa sódica, conjuntamente con el incremento de los fundidos ricos en Fe, en el curso de la solidificación y teóricamente las plagioclasas más livianas pueden flotar, como podría esperarse en el mecanismo de cumulus.

Nombre	Edad	Ubicación	Area (km ²)
Bushveld	Precámbrica	Sud Africa	66.000
Dufek	Jurásica	Antartida	50.000
Duluth	Precámbrica	Minnesota	4700
Stillwater	Precámbrica	Montana	4.400
Muskox	Precámbrica	NW Terranova Canadá	3.500
Great Dike	Precámbrica	Zimbabwe	3.300
Kiglapait	Precámbrica	Labrador	560
Skaegaard	Eocena	Este Groenlandia	100

Tabla 20-1. Ejemplos de intrusiones básicas estratificadas.

Lecturas Seleccionadas

- Carmichael, I.S.E., Turner, F.J., Verhoogen, J. 1974. *Igneous Petrology*. International Series in the Earth and Planetary Sciences. 739 pp.
- Hess, P.C. 1989. *Origins of Igneous Rocks*. Harvard University Press. 336 pp.
- McBirney, A.R. 1984. *Igneous Petrology*. 509 páginas. Freeman, Cooper & Co.
- Wager, L.R., y Brown, G.M. 1968. *Layered igneous rocks*. Freeman, San Francisco.
- Wager, L.R., y Deer, W.A. 1939. Geological investigations in East Greenland, III. The petrology of the Skaergard Intrusion. *Medd. Om Groenland*, 105 (4): 1-352.
- Winter, J.D. 2001. *An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology*. 697 págs. Prentice Hall.