

Cátedra de Geoquímica – Trabajo Práctico Nº 7
Norma CIPW

La idea de los cálculos de normas fue introducida en petrología por Cross, Iddings, Pirson y Washington, quienes delinearon un sistema de cálculo por el cual, **a partir del análisis químico** de una roca se puede obtener una **asociación hipotética de minerales estándares**, conocido como **Norma**, para distinguirlo de la **Moda** (Cross et al. 1903). En honor a sus creadores se la conoce como **Norma CIPW**. El propósito original del cálculo fue esencialmente taxonómico, y se presentó simultáneamente con el procedimiento de cálculo un esquema clasificatorio basado en porcentajes de minerales normativos. Esta clasificación ha caído en desuso, pero el cálculo normativo mantiene su vigencia.

El procedimiento de cálculo se basa en una serie de **simplificaciones**, las más importantes de las cuales son:

1) El magma supuesto cristaliza en condiciones anhidras, de manera que **no se forman minerales hidratados** (ej: Hornblenda, Biotita, Muscovita, etc).

2) Se supone que los minerales ferromagnesianos están libres de Al_2O_3 , por lo tanto en la roca **no hay Augita** $[Ca(AlSiO_6)(Fe, Mg, Al)]$. De esta manera **el contenido de Al_2O_3 en la roca se emplea en formar feldespatos y feldespatoideos**, suponiendo que existe suficiente Na_2O , K_2O y CaO para satisfacer al Al_2O_3 .

3) La relación Mg/Fe de todos los minerales ferromagnesianos se asume que es constante.

4) Se considera la incompatibilidad de varios pares de minerales, por ejemplo Nefelina-Cuarzo, que nunca aparecen juntos en una misma norma.

Usando estos principios básicos, los diferentes óxidos pueden ser asignados a minerales en una particular secuencia a fin de calcular la asociación de minerales normativos. **La norma resultante a menudo muestra estrecha correspondencia con la mineralogía modal, particularmente cuando se trata de rocas básicas anhidras tales como gabros**, que se han enfriado lentamente (por lo cual se les puede establecer una moda). Se pueden encontrar varias **discrepancias**, por ejemplo, **en las rocas ricas en Micas y Hornblenda**. Es necesario, sin embargo, tener siempre presente que **el propósito original de la norma no fue llevar a cabo una correspondencia con la moda, sino tratar de indicar afinidades que eran de otra manera enmascaradas por diferencias en el tamaño de grano y en la mineralogía, causadas por diferentes contenidos de agua y distinta historia de enfriamiento**. Es realmente de gran mérito ser **capaz de comparar gabros con basaltos parcialmente vidriados**.

Los cálculos de norma son utilizados en la actualidad para varios propósitos, y han habido varias modificaciones al sistema original de Cross et al. Por ejemplo se emplea para la confección de ciertos diagramas de variación, siendo **la función más útil la distinción clasificatoria entre rocas sílice-sobresaturadas y sílice-subsaturadas**.

Procedimiento de cálculo: ver hoja aparte.

Efecto del estado de oxidación en la Norma CIPW

El **estado de oxidación del hierro** en una roca tiene un efecto importante en la norma, **influyendo significativamente en la saturación de sílice**. De este modo cuando se estudian **rocas altamente oxidadas**, suponiendo que la oxidación es un efecto secundario, se pueden obtener **resultados erróneos**, por lo cual se

Cátedra de Geoquímica – Trabajo Práctico Nº 7
Norma CIPW

recomienda trabajar con **materias frescas**, es decir, tomar un trozo de roca y limpiarlo quitándole la parte externa, más expuesta y utilizar el corazón del trozo, esa será la muestra a analizar.

Considérense dos rocas que son idénticas excepto que una ha sufrido una alteración secundaria involucrando un incremento en la relación $\text{Fe}^{+3}/\text{Fe}^{+2}$. La roca oxidada contendrá más magnetita normativa y habrá entonces menos (MgO + FeO) disponible para formar Diópsido, Hipersteno y Olivina. Como estos son silicatos se requerirá menos SiO_2 y entonces se llegará a un exceso relativo de SiO_2 en la norma de muestra oxidada. La oxidación puede cambiar una roca desde Ne-normativa a Hy-normativa o Qz-normativa. Lo más conveniente es tener los datos analíticos de Fe_2O_3 y de FeO por separado, pero muchas veces el dato de Fe viene dado como Fe_2O_3^* (total). Para solucionar este problema es de práctica común adoptar un estado estándar de oxidación para las muestras analizadas antes de calcular las normas. Esto es necesario en todos los casos en que no se han practicado los análisis por separado de Fe^{+3} e Fe^{+2} . El estándar mejor adoptado es relativo pero en general se considera la relación $\text{Fe}^{+3}/\text{Fe}^{+2}$ de la muestra menos oxidada del grupo y se ajustan las otras a este valor. Alternativamente Brooks (1976) ha sugerido estandarizar los análisis de rocas basálticas a una relación $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ de 0,15.

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,15 \times \text{FeO}$$

Luego:

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = (\text{Fe}_2\text{O}_3)_t - \text{FeO}$$

$$(\text{Fe}_2\text{O}_3)_t - \text{FeO} = 0,15 \times \text{FeO}$$

$$(\text{Fe}_2\text{O}_3)_t = [0,15 \times \text{FeO}] + \text{FeO} =$$

$$\text{FeO} (0,15 + 1) = 1,15 \text{ FeO}$$

$$\text{FeO} = \frac{(\text{Fe}_2\text{O}_3)_t}{1,15}$$

$$\text{FeO} = 0,87 (\text{Fe}_2\text{O}_3)_t$$

Cuando no se conoce el análisis de FeO discriminado también se puede usar, para muestras frescas, los siguientes parámetros:

Parámetro de Irving- Baragar para rocas volcánicas:

Determina el límite superior de contenido de Fe_2O_3 en una roca basáltica de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\% \text{Fe}_2\text{O}_3 = \% \text{TiO}_2 + 1,5$$

Cátedra de Geoquímica – Trabajo Práctico Nº 7
Norma CIPW

Si el valor del $(\text{Fe}_2\text{O}_3)_t$ en el análisis es menor a este valor no se realiza ningún cambio, si es superior el exceso se convierte en FeO. Este ajuste conduce a normas más subsaturadas.

Es más útil utilizar los parámetros de Lemaitre para rocas plutónicas y volcánicas:

Coeficiente de Lemaitre: (1976, contrib. Mineral and Petrolog. sc: 181-189)

$$\text{FeO} = \frac{\text{Fe}_2\text{O}_3^* \times \text{ox}}{(1,1114 \times \text{ox}) + (1 - \text{ox})} \qquad \text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{\text{FeO} \times (1 - \text{ox})}{\text{ox}}$$

Rocas volcánicas:

$$0,93 - 0,0042 \% \text{SiO}_2 - 0,022 (\% \text{Na}_2\text{O} + \% \text{K}_2\text{O}) = \text{ox}$$

Rocas plutónicas:

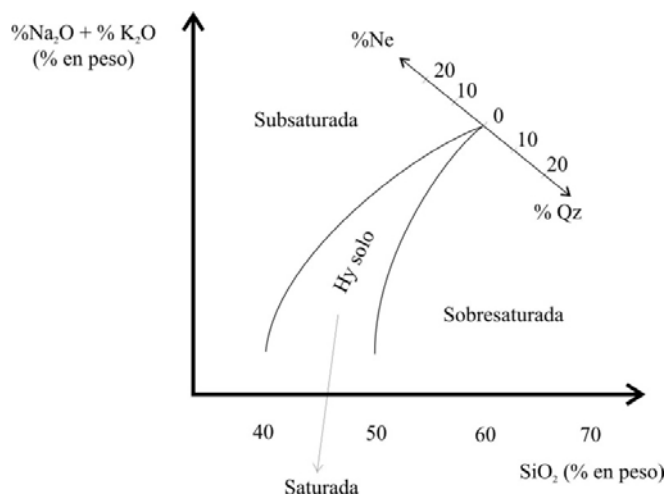
$$0,88 - 0,0016 \% \text{SiO}_2 - 0,027 (\% \text{Na}_2\text{O} + \% \text{K}_2\text{O}) = \text{ox}$$

Saturación de sílice en rocas

La gran mayoría de las rocas caen dentro de uno de los tres grupos normativos principales:

- 1) **Sobresaturadas en sílice**: Qz- Hy normativas.
- 2) **Saturadas en sílice**: Hy-Ol normativas.
- 3) **Subsaturadas en sílice**: Ol-Ne normativas.

El grado de saturación es altamente dependiente de la disponibilidad de SiO_2 , Na_2O y K_2O en el análisis. De este modo el diagrama álcali- sílice puede ser usado para hacer una predicción aproximada, como se observa en la figura.



Obsérvese que el campo de la sílice saturada se angosta a un ancho despreciable en la composición más sálica. Esto es realmente comprendido si se

Cátedra de Geoquímica – Trabajo Práctico Nº 7
Norma CIPW

piensa que (Ol + Hy) en la norma es una asociación “buffer” que puede tener diferentes cantidades de sílice variando la relación Ol/Hy.

Cuando las rocas son ricas en MgO y FeO una cantidad grande de Hy provisorio se formará durante el cálculo de la norma. Grandes cantidades de sílice podrán ser acomodadas sin formar ni cuarzo ni nefelina. En rocas sálicas, sin embargo, hay una cantidad muy pequeña de Hy provisorio de modo tal que habrá una probabilidad muy pequeña de que el contenido de sílice sea el justo para mantener la asociación sin producir cuarzo o nefelina. De este modo las rocas traquíticas son ya sea, cuarzo o nefelina, normativas mientras que muchos basaltos son olivino- hipersteno normativos.

Para rocas sedimentarias los Drs. Merodio y Spalletti han propuesto una norma donde se consideran los minerales hidratados, especialmente los del grupo de las arcillas, que la hacen bastante más complicada.