

Tesis de Posgrado

Investigación química y petrográfica de algunas rocas ígneas de las Sierras de Córdoba

Marengo Maneiro, Julio

1947

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Química de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Marengo Maneiro, Julio. (1947). Investigación química y petrográfica de algunas rocas ígneas de las Sierras de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0483_MarengoManeiro.pdf

Cita tipo Chicago:

Marengo Maneiro, Julio. "Investigación química y petrográfica de algunas rocas ígneas de las Sierras de Córdoba". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1947. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0483_MarengoManeiro.pdf

Tesis para optar al grado de
DOCTOR EN QUIMICA
de la
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
de la
UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES

Presentada por
Julio Mariano Maneiro

Abril de 1947.

Padrino de Tesis

Doctor Juan Olsacher

Profesor de Mineralogía y Geología

de la

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

COFROA

INVESTIGACION QUIMICA Y PETROGRAFICA

DE ALGUNAS ROCAS IGNEAS DE LAS SIERRAS

RRAS DE CORDOBA

El objeto del presente trabajo ha sido la aplicación a un grupo de cinco rocas igneas, de algunos de los modernos sistemas de clasificación química, habiéndose debido efectuar previamente para ello un análisis cuantitativo completo de cada una de las muestras y, además, se ha efectuado la descripción petrográfica complementaria.

Los sistemas de clasificación de rocas que hemos aplicado, son los de Osann, C.I.P.W. y Niggli, tomados ellos del libro de Albert Johannsen Ph.D. "A Descriptive Petrography of the igneous rocks" Volume I.

Para el análisis químico cuantitativo hemos seguido los métodos descriptos en el libro especializado de A.W.Groves "Silicate Analysis", los que en realidad no difieren de los clásicos, pues las distintas marchas sistemáticas son análogas a las preconizadas en los textos reconocidos de Química Analítica Cuantitativa, pero se tiene la ventaja de encontrarlos reunidos en un solo volumen, aplicados y probados especialmente al objeto de nuestro trabajo.

Las rocas sobre las cuales hemos efectuado el estudio pertenecen a afloramientos magmáticos plutónicos de las sierras de Córdoba, situados en:

- Muestra N°1.-Casa Bamba, cantera de piedra de propiedad de la firma Minetti, que ha sido años atrás intensamente explotada por la firma Vda. de Pagani, para usar como piedra de construcción, para caminos en general, para adoquines, para balasto de vías, en pedestales estatuarios y otros usos análogos.
- Muestra N°2.- Pozo del Molle, en las proximidades de la localidad de Cruz del Eje.
- Muestra N°3.-Cerro Pan de Azúcar, extraída de afloramientos grandes que se observan en las proximidades de éste cerro, sobre el costado del camino que une a Cosquin con Villa Allende. Subiendo hacia la cima del mismo cerro se encuentran en algunas denudaciones del terreno, afloramientos de la misma roca.
- Muestra N°4.-La Calera, cantera de piedra explotada por la firma Pedro Caballer, situada en la Calera Central, en las cercanías de la localidad de La Calera. Esta roca es usada como ripio, piedra molida, en la construcción de caminos y a ese efecto la firma propietaria de la cantera tiene con-

//-tratos con la Dirección Nacional de Vialidad.

Muestra N°5.-Las Tunas, en las proximidades de la Ciudad de Cosquin, cantera de piedra de propiedad de la firma Vidal, en explotación, aunque actualmente no muy intensa, para adoquines y piedra de construcción. Según información particular, este granito, dada su calidad, ha sido usado en varias obras escultóricas, entre ellas en la estatua del General San Martín en la ciudad de Nueva York.

ANÁLISIS QUÍMICOS CUANTITATIVOS

Esta parte del presente trabajo se ha efectuado en el Laboratorio de Química de la Dirección de Minas y sus Industrias del Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Córdoba, contando para ello con la gentil autorización del Director de esa repartición doctor E. Pace Gigli y la colaboración y buena voluntad de los doctores José D. Albano y señorita Murus, profesionales a cargo de dicho laboratorio. Como ya he manifestado, los análisis se han efectuado siguiendo los métodos descriptos en "Silicate Analysis" de A. W. Groves.

Cuadro con los resultados de los análisis químicos cuantitativos de las rocas en estudio

	Casa Bamba	Pozo del Molle	Pan de Azúcar	La Calera	Las Tunas Cosquin
SiO ₂ %	59,11	66,56	57,00	52,28	69,10
Al ₂ O ₃	20,24	16,84	18,70	23,58	17,70
Fe ₂ O ₃	1,10	0,47	2,21	2,91	1,38
FeO	4,95	2,67	6,76	6,23	2,49
MgO	2,48	1,88	3,26	1,76	0,07
CaO	6,67	3,24	6,41	8,34	3,72
Na ₂ O	3,85	4,46	2,79	3,92	3,78
K ₂ O	1,43	1,27	1,72	1,35	1,22
P ₂ O ₅	0,12	vest.	0,26	vest.	0,27
H ₂ O _{110°C.}	0,01	0,10	0,11	0,05	0,02
H ₂ O > 110°C.	0,02	2,45	0,30	0,00	0,31
	99,98	99,94	99,52	100,36	100,06

Teniendo en cuenta los resultados analíticos y la observación macroscópica de las rocas en estudio, que nos revela una estructura

//-holocristalina, de granos gruesos, las clasificamos como rocas igneas plutónicas y entre ellas por su contenido en sílice, superior al 65 % en los casos de Pozo del Molle y Las Tunas, como rocas ígneas: granitos; y las restantes de Casa Bamba, Pan de Azúcar y La Calera, con un contenido de sílice superior al 52%, como rocas mesosilíceas, dioríticas.-

Clasificación de las rocas en el

SISTEMA DE OSANN

Los conceptos y las reglas para recalcular los análisis están tomados y traducidos del ya citado libro de A. Johansen.

" Osann propuso su sistema de clasificación química como un suplemento a las clasificaciones texturales y mineralógicas de las rocas igneas, no como un sustituto para ellas.

" El sistema está basado sobre ciertas características definidas de las combinaciones minerales formadas por el magma, a saber: la combinación de los álcalis con el Al_2O_3 en proporciones definidas en los feldespatos y feldespatoides, y en las combinaciones del Al_2O_3 con el CaO en la molécula de anortita de las plagioclasas y con los óxidos de hierro y magnesio en los minerales ferromagnesianos.

" La roca se clasifica entonces según las cantidades de estas combinaciones, el porcentaje de SiO_2 , el coeficiente de SiO_2 y la relación de soda a la suma de los álcalis.

Reglas para recalcular los análisis en el Sistema de Osann

- 1.-Agregar cualquier cantidad pequeña de Cr_2O_3 presente al Al_2O_3
- 2.-Recalcular los análisis a proporciones moleculares, omitiendo el Fe_2O_3 y el FeO , por ahora, y H_2O , F, S, y pequeñas cantidades de Cl, SO_3 y CO_2 . Si los últimos tres están presentes en grandes cantidades y no se deben a alteraciones secundarias, ellos se unen con iguales cantidades de Na_2O (como sucede en los minerales sodalita y cancrinita) o con CaO (Häuyita).
- 3.-Inspeccionar las proporciones moleculares. Si el Al_2O_3 está en cantidad mayor que la suma de los álcalis, cambiar todo el porcentaje en peso del Fe_2O_3 a FeO , multiplicando su porcentaje por 0,9, recalcularlo en moléculas de FeO y agregarlo a las moléculas de FeO previamente encontradas. Si el Al_2O_3 es menor que la suma de los álcalis, hay que tener en cuenta la regla N° 7.
- 4.-Recalcular estas proporciones moleculares a 100.
- 5.- El número de moléculas de SiO_2 , TiO_2 y ZrO_2 son representadas por s . El P_2O_5 es agregado aquí o se omite enteramente.

$$s = SiO_2 + TiO_2 + ZrO_2 (+ P_2O_5).$$

Distribución de la alúmina:

- 6.-Caso I: Al_2O_3 mayor que la suma en proporciones moleculares, de los $(K,Li)_2O$ y Na_2O .
 - a) Hay dos subdivisiones. La alúmina puede ser mayor que la suma de los álcalis mas la cal, o puede ser mayor que los álcalis, pero menor que los álcalis mas la cal. En cualquier caso proceder como sigue:

//-después de agregar el Li al K, distribuir el Al₂O₃ a todo el (K,Li)₂O y a todo el Na₂O, en la proporción de 1 : 1. Representemos por A el número de moléculas así formadas:

$$A = (K,Li)_2O \text{ más } Na_2O$$

b) Cuando la alúmina es mayor que los álcalis y también mayor que los álcalis más la cal, unir parte del remanente Al₂O₃ (después de que la regla 6a ha sido satisfecha) con todo el CaO, en iguales proporciones para formar CaO.Al₂O₃. Estas moléculas así formadas son representadas por C.

c) Si queda algo de Al₂O₃, agregar el BaO y el SrO, si están presentes y unirlos en iguales proporciones con el remanente Al₂O₃. Si no hay BaO ni SrO, o si algo de Al₂O₃ todavía queda (representado por T) y es menor que 0,5 mol, puede ser omitido si se desea; si es mayor que 0,5 mol, tomar suficiente (Mg,Fe)O para satisfacerlo y agregar esto a C como una molécula de (Mg,Fe)O.Al₂O₃. El MgO y el FeO serán tomados en cantidades proporcionales en lo posible a sus cantidades totales.

$$C = Al_2O_3 - A$$

El actual valor de C queda así lo mismo que antes, pero habrá menos (Mg,Fe)O para usar en la regla 8. La cantidad de (Mg,Fe)O usada es C - CaO. Si algo de BaO o SrO todavía queda, se usará en la regla 8.

d) Cuando la suma de los álcalis es menor que el Al₂O₃ y este es menor que la suma de los álcalis más CaO, algo de CaO queda. Esta cal remanente se usa en regla 8 y está representada por:

$$(K,Li)_2O \text{ más } Na_2O \text{ más } CaO - Al_2O_3$$

7.-Caso II. Si el Al₂O₃ es menor que (K,Li)₂O más Na₂O, habrá abundantes alcali-pyriboles en el modo.

a) Distribuir el (K,Li)₂O más Na₂O a todo el Al₂O₃, en la proporción de 1 : 1.

b) Tomar una cantidad de Fe₂O₃ igual al alcali remanente, para formar la molécula Na₂O.Fe₂O₃, y agregar estas, como moléculas de aegirita, a A. El valor numérico de A queda, por supuesto, igual a (K,Li)₂O + Na₂O

c) Si aún hay un exceso de álcalis, esto es, si Al₂O₃ más Fe₂O₃ es menor que (K,Li)₂O más Na₂O, el exceso debe agregarse a A como un grupo separado, así que A contiene el total de los álcalis como antes.

8.- La suma de todas las moléculas de MnO y NiO y de las moléculas de CaO (representadas por W) no usadas en la regla 6a, y las moléculas de FeO, MgO, SrO y BaO no usadas en regla 6b, está representada por F.

$$F = (CaO \text{ total más } FeO \text{ más } MnO \text{ más } MgO \text{ más } NiO \text{ más } SrO \text{ más } BaO) - C$$

El Fe₂O₃ no usado en la regla 7, se recalcula a FeO multiplicando su porcentaje en peso por 0,9 y es agregado al FeO

9.-Recalcular el porcentaje molecular de Na₂O más (K,Li)₂O a 10 e indi-

10.- Para la cantidad Na_2O relacionada al total por n (primer coef.)

$$n = \frac{10 \text{Na}_2\text{O}}{(\text{K,Li})_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}} = \frac{10\text{Na}_2\text{O}}{\Lambda}$$

10.- Relacionar los valores de A, C y F multiplicados por 30 a la suma de los mismos y representar estas proporciones, aproximadamente a O, a, c, e y f.

$$a = \frac{30 \Lambda}{\Lambda + C + F} \quad c = \frac{30 C}{\Lambda + C + F} \quad f = \frac{30 F}{\Lambda + C + F}$$

11.- La fórmula de la roca puede escribirse ahora con los valores de a, c, f, y n y puede también representarse gráficamente en un diagrama triangular con los valores hallados para a, c y f.

12.- Otros valores son usados ocasionalmente en ciertas rocas, pero no son tan importantes como los ya dados. El coeficiente de sílice, k, tiene el siguiente valor:

$$k = \frac{s}{6A + 3C + F}$$

"En las fórmulas dadas A, C, F (ó a, c, f), n y s representan muy aproximadamente las cantidades relativas en la roca de (A) feldespatos silíceos (asimismo como feldespatoides y los álcalis de las moléculas de sílice), (C) la molécula de cuartita de las plagioclasas, (F) los constituyentes ferrosilíceos, (n) aproximadamente la relación de las moléculas de ortoclasa a las de albite y (s) el contenido de sílice. El valor de k muestra la relación de la sílice total a la combinada en los feldespatos y los metasilicatos. Usualmente indica la cantidad de cuarzo en la roca. Cuarzo libre se encuentra presente en las rocas igneas holocristalinas cuando k es mayor que 1."

Para la distribución de las rocas en el diagrama triangular, a los vértices del diagrama triangular se les da el valor 30a, 30f y 30c, y los lados, por supuesto, representan valores 0 para el constituyente cuyo vértice es opuesto. Para la colocación de la roca, se traza líneas paralelas a los costados y a tal distancia de ellos que representen los valores dados en las fórmulas. La intersección de éstas líneas localiza la roca.

"Para extender la utilidad del sistema y hacerle también aplicable a rocas metamórficas, Osann estableció cuatro nuevas relaciones. Como antes, el TiO_2 y el ZrO_2 se unen con el SiO_2 , BaO y SrO con el CaO y el MnO con el FeO, el Fe_2O_3 se recalcula a FeO cuando es necesario. Los tres valores son recalculados a 30 y sus resultados se aprecian a O, f

$$S : \text{Al}_2\text{O}_3 : (\text{Fe,Mg,Ca})\text{O} = a \text{ a la relación S Al F}$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{CaO} : (\text{Na,K})_2\text{O} = a \text{ a la relación Al C Alk}$$

$$\frac{10 \text{Na}_2\text{O}}{\text{Na}_2\text{O} \quad \text{K}_2\text{O}} = a \text{ a la relación N K}$$

$$\frac{10 \text{MgO}}{\text{MgO} \quad \text{CaO}} = a \text{ a la relación M C}$$

" En la ecuación (a) S representa s, como en las anteriores, Al₂O₃ representa toda la alúmina y (Fe, Mg, Ca)O todos estos óxidos.

En la ecuación (b) toda la alúmina está representada, todo el CaO, el BaO y SrO y todos los álcalis.

En la ecuación (d) el CaO incluye el BaO y el SrO.

Las ecuaciones (a) y (b), recalculadas a 30, pueden representarse también en diagramas triangulares.

APLICACION DEL SISTEMA DE OSANN A LAS

CINCO ROCAS EN ESTUDIO

Teniendo en cuenta los análisis químicos efectuados, que están tabulados en la página 2, efectuar las siguientes operaciones:

CALCULO DE LOS ANALISIS EN PROPORCIONES MOLECULARES:

Peso molecular de la SiO₂: 60.

$$\frac{59.11}{60} = 0,9850 \quad \frac{66.56}{60} = 1,1093 \quad \frac{57}{60} = 0,9500$$

$$\frac{52.22}{60} = 0,8703 \quad \frac{69.10}{60} = 1,1516$$

Peso molecular del Al₂O₃: 101,9

$$\frac{20.24}{101,9} = 0,1986 \quad \frac{16.84}{101,9} = 0,1652 \quad \frac{18.70}{101,9} = 0,1835$$

$$\frac{23.58}{101,9} = 0,2314 \quad \frac{22.70}{101,9} = 0,1736$$

Como el Al₂O₃ es mayor que la suma de los álcalis, se pasa todo el Fe₂O₃ a FeO y se adiciona a éste.

1,10	0,47	2,21	2,91	1,38
<u>.0,9</u>	<u>.0,9</u>	<u>.0,9</u>	<u>.0,9</u>	<u>.0,9</u>
0,99	0,42	1,99	2,62	1,24
<u>4,95</u>	<u>2,67</u>	<u>6,76</u>	<u>6,23</u>	<u>2,49</u>
5,94	3,09	8,75	8,85	3,73

Peso molecular del FeO: 71,8

$$\frac{5.94}{71,8} = 0,0827 \quad \frac{3.09}{71,8} = 0,0430 \quad \frac{8.75}{71,8} = 0,1218$$

$$\frac{8.85}{71,8} = 0,1232 \quad \frac{3.73}{71,8} = 0,0519$$

Peso molecular del MgO: 40,32

$$\frac{2.48}{40,32} = 0,0615 \quad \frac{1.88}{40,32} = 0,0466 \quad \frac{3.26}{40,32} = 0,0808$$

$$\frac{1.76}{40,32} = 0,0436 \quad \frac{0.07}{40,32} = 0,0017$$

Peso molecular del CaO: 56.

$$\frac{6.67}{56} = 0,1191 \quad \frac{3.24}{56} = 0,0578 \quad \frac{6.41}{56} = 0,1144$$

$$\frac{8.34}{56} = 0,1489 \quad \frac{3.72}{56} = 0,0664$$

Peso molecular del Na₂O: 62.

$$\frac{3,85}{62} = 0,0621 \quad \frac{4,46}{62} = 0,0719 \quad \frac{2,79}{62} = 0,045$$
$$\frac{3,92}{62} = 0,0632 \quad \frac{3,78}{62} = 0,0609$$

Peso molecular del K₂O: 94,2

$$\frac{1,43}{94,2} = 0,0151 \quad \frac{1,27}{94,2} = 0,0134 \quad \frac{1,72}{94,2} = 0,0182$$
$$\frac{1,35}{94,2} = 0,0143 \quad \frac{1,22}{94,2} = 0,0129$$

Peso molecular del P₂O₅: 142.

$$\frac{0,12}{142} = 0,0008 \quad \frac{0,26}{142} = 0,0018 \quad \frac{0,27}{142} = 0,0019$$

Factores para pasar las proporciones moleculares a porcentajes moleculares:

$$\frac{100}{1,5249} = 65,57 \quad \text{Casa Bamba}$$

$$\frac{100}{1,5072} = 66,34 \quad \text{Pozo del Molle}$$

$$\frac{100}{1,5155} = 65,98 \quad \text{Pan de Azucar}$$

$$\frac{100}{1,4949} = 66,89 \quad \text{La Calera}$$

$$\frac{100}{1,5209} = 65,75 \quad \text{Las Tunas}$$

Cuadros con los valores hallados aplicando

las reglas dadas

Sistema de Osann

Casa Bamba

Análisis	%	Prop. mel.	Prop. mel. %	S	A	C	T	F	V
SiO ₂	59,11	0,9850	64,59	64,59					
Al ₂ O ₃	20,24	0,1986	13,02		5,06	7,81	0,15	0,15	
Fe ₂ O ₃	1,10								
FeO	4,95	5,94	0,0827	5,42			0,08	5,34	
MgO	2,48	0,0615	4,03				0,07	3,96	
CaO	6,67	0,1191	7,81			7,81			0
Na ₂ O	3,85	0,0621	4,07		4,07				
K ₂ O	1,43	0,0151	0,99		0,99				
P ₂ O ₅	0,12	0,0008	0,05	0,05					
	99,84	1,5249	99,98	64,64	5,06	7,96	0,15	9,30	

Sistema de Osann

Pezo del Molle

SiO ₂	66,56	1,1093	73,59	73,59					
Al ₂ O ₃	16,84	0,1652	10,96		5,66	3,83	1,47	1,47	
Fe ₂ O ₃	0,47								
FeO	2,67	3,09	0,0430	2,85			0,71	2,14	
MgO	1,88	0,0466	3,09				0,76	2,33	
CaO	3,24	0,0578	3,83			3,83			0
Na ₂ O	4,46	0,0719	4,77		4,77				
K ₂ O	1,27	0,0134	0,89		0,89				
H ₂ O	2,55								
	99,89	1,5072	99,98	73,59	5,66	5,30	1,47	4,47	0

Sistema de Osann

Fan de Azucar

Análisis	%	Prop. mol.	Prop. mol. %	S	A	C	T	F	W
SiO ₂	57,00	0,9500	62,68	62,68					
Al ₂ O ₃	18,70	0,1835	12,11		4,16	7,52	0,43	0,43	
Fe ₂ O ₃	2,21								
FeO	6,76	8,75	0,1218	8,04			0,26		7,78
MgO	3,26	0,0808	5,34				0,17		5,17
CaO	6,41	0,1144	7,52			7,52			0
Na ₂ O	2,79	0,0450	8,97		2,97				
K ₂ O	1,72	0,0182	1,19		1,19				
P ₂ O ₅	0,26	0,0018	0,12	0,12					
H ₂ O	0,41								
	99,30	1,5155	99,97	62,80	4,16	7,95	0,43	12,95	

Sistema de Osann

La Calera

SiO ₂	52,22	0,8703	58,21	58,21					
Al ₂ O ₃	23,58	0,2314	15,45		5,16	9,96	0,33	0,33	
Fe ₂ O ₃	2,91								
FeO	6,23	8,85	0,1232	8,23			0,24		7,99
MgO	1,76	0,0436	2,93				0,09		2,84
CaO	8,34	0,1489	9,96			9,96			0
Na ₂ O	3,92	0,0632	4,22		4,22				
K ₂ O	1,35	0,0143	0,94		0,94				
	100,02	1,4949	99,94	58,21	5,16	10,29	0,33	10,83	

Sistema de Osann

Las Tunas Cosquin

Análisis		Prop. mol.	Prop. mol. %	n	A	C	T	F	W
SiO ₂	69,10	1,1516	75,72	75,72					
Al ₂ O ₃	17,70	0,1736	11,44		4,86	4,34	2,24	2,24	
Fe ₂ O ₃	1,38								
FeO	2,49	3,73	0,0519	3,41		2,16		1,25	
MgO	0,07	0,0017	0,13			0,08		0,05	
CaO	3,72	0,0664	4,34			4,34			0
Na ₂ O	3,78	0,0609	4,01		4,01				
K ₂ O	1,22	0,0129	0,85		0,85				
P ₂ O ₅	0,27	0,0019	0,11	0,11					
H ₂ O	0,33								
	99,92	1,5209	100,01	75,83	4,86	6,58	2,24	1,30	

Regla 9 del S. de Osann: Proporción molecular de Na₂O a álcalis totales multiplicada por diez:

Casa Bamba $n = \frac{10 \times 4,07}{5,06} = 8,0$

Pozo del Molle $n = \frac{10 \times 4,77}{5,66} = 8,4$

Pan de Azúcar $n = \frac{10 \times 2,97}{4,16} = 7,1$

La Calera $n = \frac{10 \times 4,22}{5,16} = 8,1$

Las Tunas $n = \frac{10 \times 4,01}{4,86} = 8,2$

Regla 10 del S. de Osann: Proporción de A, C y F a la suma de los mismos multiplicada por 30.

$$a = \frac{30 A}{A + C + F}$$

$$e = \frac{30 C}{A + C + F}$$

$$f = \frac{30 F}{A + C + F}$$

Casa Bamba

$$a = \frac{30 \times 5,06}{5,06 + 7,96 + 9,30} = 1,34 \times 5,06 = 6,8$$

$$e = 1,34 \times 7,96 = 10,7$$

$$f = 1,34 \times 9,30 = 12,5$$

Pozo del Molle

$$a = \frac{30}{5,66 + 5,30 + 4,47} \cdot 5,66 = 11,0$$

$$e = 1,94 \times 5,30 = 10,3$$

$$f = 1,94 \times 4,47 = 8,7$$

Pan de Azúcar

$$a = \frac{30 \times 4,16}{4,16 + 7,95 + 12,95} = 4,9$$

$$e = 1,2 \times 7,95 = 9,5$$

$$f = 1,2 \times 12,95 = 15,5$$

La Calera

$$a = \frac{30 \times 5,16}{5,16 + 10,29 + 10,83} = 5,9$$

$$e = 1,14 \times 10,29 = 11,7$$

$$f = 1,14 \times 10,83 = 12,3$$

Cosquin *Los Hornos*

$$a = \frac{30 \times 4,86}{4,86 + 6,58 + 1,30} = 11,4$$

$$e = 2,35 \times 6,58 = 15,5$$

$$f = 2,35 \times 1,30 = 3,05$$

Regla N° 12.S.Osann: Coeficiente de sílice: $k = \frac{S}{6A + 2C + F}$

Casa Bamba: $k = \frac{64,64}{6 \times 5,06 + 2 \times 7,96 + 9,30} = 1,16$

Pozo del Molle: $k = \frac{73,59}{6 \times 5,66 + 2 \times 5,30 + 4,47} = 1,50$

Pan de Azucar: $k = \frac{62,80}{6 \times 4,16 + 2 \times 7,95 + 12,95} = 1,16$

La Calera: $k = \frac{58,21}{6 \times 5,16 + 2 \times 10,29 + 10,83} = 0,93$

Las Tunas: $k = \frac{75,83}{6 \times 4,86 + 2 \times 6,58 + 1,30} = 1,73$

Relaciones: S Al F (a), y Al C Alk (b):

Casa Bamba:
S = 64,64 Al = 13,02 F = 9,30 + 7,96 = 17,26
Valores recalculados a 30: S₂₀Al_{4,5}F_{5,5}

Al = 13,02 C = 7,81 Alk = 5,06
Valores recalculados a 30: Al₁₅C₉Alk₆

Pozo del Molle:
S = 73,59 Al = 10,96 F = 4,47 + 5,30 = 9,77
Valores recalculados a 30: S_{23,5}Al_{3,5}F₃

Al = 10,96 C = 3,83 Alk = 5,66
Valores recalculados a 30: Al₁₆C_{5,5}Alk_{8,5}

Pan de Azucar:
S = 62,8 Al = 12,11 F = 12,95 + 7,95 = 20,90
Valores recalculados a 30: S_{19,5}Al₄F_{6,5}

Al = 12,11 C = 7,52 Alk = 4,16

Valores recalculados a 30: Al_{15,5} C_{9,5} Alk₅

La Calera: S = 58,21 Al = 15,45 F = 10,83 + 10,29 = 21,12

Valores recalculados a 30: S₁₈ Al₅ F₇

Al = 15,45 C = 9,96 Alk = 5,16

Valores recalculados a 30: Al₁₅ C₁₀ Alk₅

Las Tunas: S = 75,83 Al = 11,44 F = 1,30 + 6,58 = 7,88

Valores recalculados a 30: S_{23,5} Al₄ F_{2,5}

Al = 11,44 C = 4,34 Alk = 4,86

Valores recalculados a 30: Al_{16,5} C_{6,5} Alk₇

Resúmenes e informes

Casa Pamba

Fórmula de la roca:

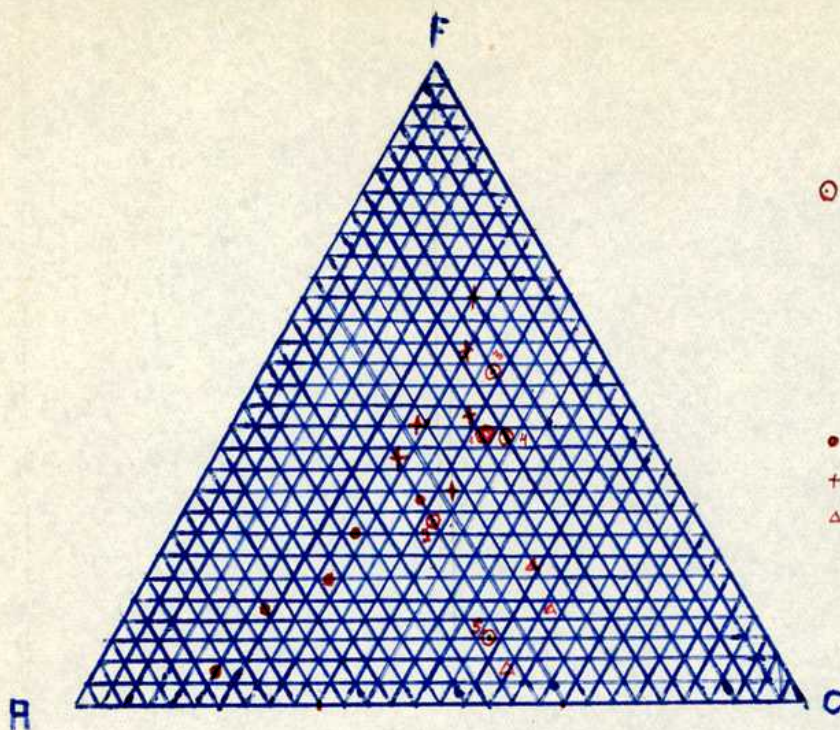
S_{64,5} Al₇ C_{10,5} F_{12,5} Alk k = 1,16

S₂₀ Al_{4,5} F_{5,5}

Al₁₅ C₉ Alk₅

Con los valores hallados ubicamos la roca en los diagramas triangulares trazados en la página 14 y la comparamos con las rocas tipos allí representadas:

La roca contiene 64,64 moléculas por ciento de sílice, dado el valor de k, deducimos que hay algo de cuarzo libre. Por la suma de los álcalis y la cal (a mas e = 17,5) vemos que la roca es relativamente rica en feldespatos, los cuales forman 17,5 partes sobre 30, excluyendo el cuarzo, o sea el 60%. La plagioclasa es básica ya que la cal es mucho mayor en cantidad que la soda. Los constituyentes oscuros forman 12,5 partes sobre 30, o sea 40%. La relación de soda a potasa es 8 : 2 (Na + K₂O = 10) lo que indica que hay considerablemente más feldespato sódico que potásico. Por su posición en el diagrama triangular a f e, la clasificamos como dioritas y en el SAlF está en una posición intermedia entre dioritas y anortositas.

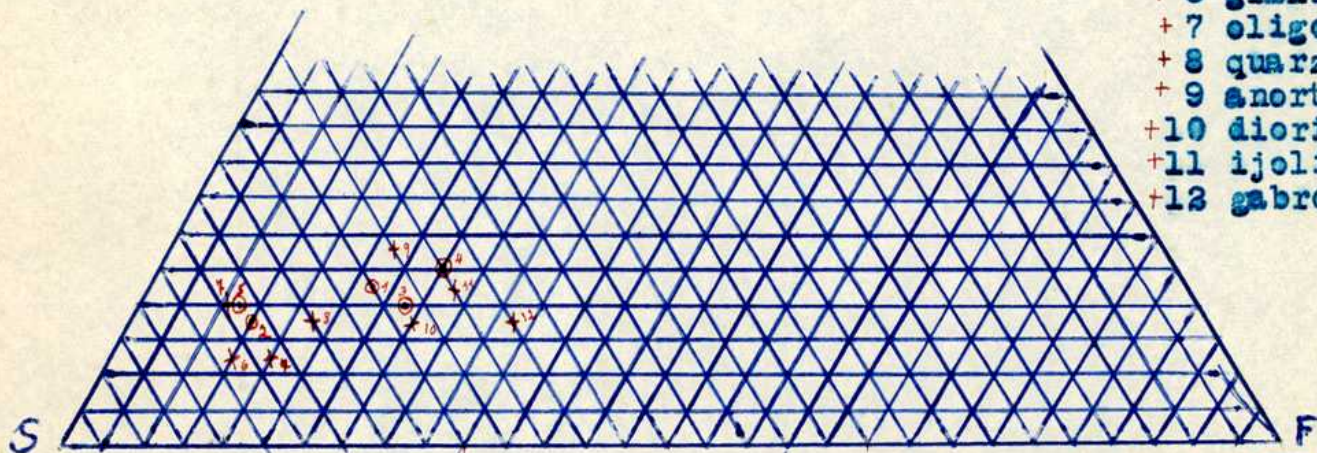


- Rocas en estudio
- 1 Casa Bamba
- 2 Pozo del Molle
- 3 Pan de Azucar
- 4 La Calera
- 5 Las Tunas

- Granites tipos
- + Dioritas tipos
- △ Anortositas

Posición de las principales rocas igneas típicas y de las rocas en estudio, en el triángulo A F C del Sistema de Osann (Johannsen V.I.pg.71)

FI

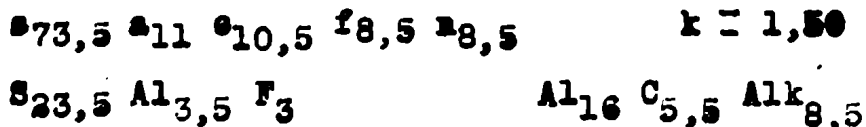


- Rocas en estudio
- 1 Casa Bamba
- 2 Pozo del Molle
- 3 Pan de Azucar
- 4 La Calera
- 5 Las Tunas
- + 6 granite
- + 7 oligoclasa
- + 8 quartzdiorita
- + 9 anortosita
- + 10 diorita
- + 11 ijolita
- + 12 gabro.

Posición de las principales rocas igneas tipos y de las rocas en estudio en el diagrama S A F del Sistema de Osann (Johannsen V.I.pg.82).

Pezo del Melle

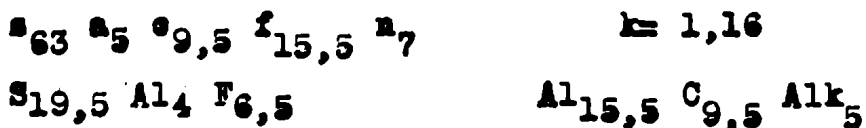
Fórmula de la roca:



La roca contiene 73,59 moléculas por ciento de sílice y dado el valor de su coeficiente $k = 1,50$ deducimos que contiene considerable cantidad de cuarzo libre. La suma de los álcalis más la cal (a más $e = 21,5$) nos indica que la roca es rica en feldespatos, pues forman 21,5 partes sobre 30, excluyendo el cuarzo, o sea el 72 %. La plagioclasa es básica ya que la cal es mayor en cantidad que la soda. Los constituyentes oscuros forman 8,7 partes en 30, o sea 29 %. La relación de óxido de sodio al de potasio es 8,5 (a más $\text{K}_2\text{O} = 10$) lo que nos indica que la roca contiene mucho más feldespato sódico que potásico. Por su posición en los diagramas triangulares afc y SALF , la clasificamos como granito.

Pan de Azúcar

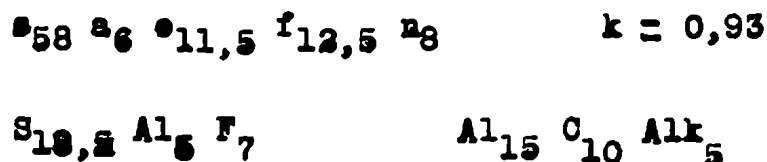
Fórmula de la roca:



Esta roca contiene 62,80 moléculas por ciento de sílice y por su coeficiente $k = 1,16$ deducimos que tiene algo de cuarzo libre. La suma de los álcalis más la cal (a más $e = 14,5$), indica que la roca es medianamente rica en feldespatos, pues forman 14,5 partes sobre 30 (excluido el cuarzo) o sea el 48 %. La plagioclasa es básica ya que la cal es mayor en cantidad que la soda. Los constituyentes oscuros forman 15,5 partes sobre 30 o sea el 52 %. La relación de óxido de sodio al de potasio es de 7 : 3, lo que indica que hay considerablemente más feldespato sódico que potásico. Por su posición en los diagramas triangulares aef y SALF la clasificamos como diorita.

La Calera

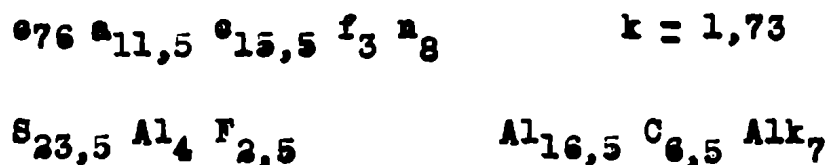
Fórmula de la roca:



Esta roca contiene 58,21 moléculas por ciento de sílice. Como su coeficiente $k = 0,93$ es menor que 1, deducimos que no hay cuarzo libre. La suma de los álcalis más la cal (a más e = 17,5) indica que la roca es relativamente rica en feldespatos, pues forman 17,5 partes sobre 30 (excluido el cuarzo) o sea 58 %. La plagioclasa es básica ya que la cal es mayor en cantidad que la soda. Los constituyentes oscuros forman 12 partes sobre 30 o sea 41 %. La relación de soda a potasa es 8 : 2, lo que indica que hay mucho más feldespato sódico que potásico. Por su posición en el diagrama afe podemos clasificarla como diorita, aunque en el diagrama SALF está más próxima a ijolita que a dioritas.

Las Tunas, Cosquin

Fórmula de la roca:



Esta roca contiene 76 moléculas por ciento de sílice, con considerable cantidad de cuarzo libre, dado su coeficiente $k = 1,73$. La suma de los álcalis más la cal (a más e = 27) indica que, excluido el cuarzo, la roca es considerablemente rica en feldespatos pues forman 27 partes sobre 30, o sea el 90 %. La plagioclasa es básica pues la cal es mucho mayor en cantidad que la soda. Los constituyentes oscuros forman 3,09 partes sobre 30 o sea el 10 %. La relación de óxido de sodio al de potasio es de 8 : 2, lo que nos indica que hay considerablemente más feldespato sódico que potásico. Por su posición en el diagrama afe, vemos que está próxima a anortositas y en el SALF está ubicada próxima a oligoclasa y a granito y más alejada de anortosita.

SISTEMA QUIMICO DE CLASIFICACION

DE ROCAS DE

CROSS, IDDINGS, PIRSSON y WASHINGTON

(Sistema C.I.P.W.)

Los conceptos y las reglas de cálculo de este Sistema están tomados y traducidos del ya citado libro de Albert Johannsen: A Descriptive Petrography of the Igneous Rocks, Volumen I, capítulo VIII.

" Los fundamentos del cálculo de éste sistema son muy similares al de Osann, pero el método de clasificar una roca es muy distinto, ya que algunas de las divisiones se hacen, no de acuerdo a las moléculas presentes, pero si a la proporción de ciertos minerales "normativos" Como en el S. de Osann, se calculan primero, en base a los análisis los números de moléculas, pero no se reducen al 100 por ciento. En ambos sistemas, los álcalis y algo de la cal se unen con la alumina, pero en el C.I.P.W., una cantidad definida de sílice es también combinada con ellos para formar los minerales hipotéticos de la norma.. Ambos sistemas unen la cal remanente, el hierro y la magnesia, en los minerales ferromagnesianos, pero en el sistema de Osann no se combina la sílice con ellos. La relación molecular de soda a la suma de los álcalis es usada por ambos.

" En el sistema C.I.P.W. las moléculas de los minerales hipotéticos son llamadas moléculas de minerales "standard", en contraste con los minerales "modales" que son los que se encuentran realmente presentes en la roca. Una lista de éstos minerales standard está transcrita más adelante.. Por la composición compleja y variable que tienen no se incluyen entre ellos a los piriboles aluminosos, mica, melilite y granate.

" La norma es la composición mineral calculada de la roca, en contraste con la composición verdadera o "modo",; teniendo en cuenta las proporciones de éstos minerales normativos, se hacen divisiones arbitrarias.

" Para ésto, se determinan cinco grupos de contraste, dando valores a A y a B, y tomando como límites para A los valores siguientes: 100-87,5 %, 87,5-62,5 %, 62,5-37,5 %, 37,5-12,5 % y 12,5-0 %, para B los valores son los complementarios a 100. Las relaciones de A a B en los valores límites son 7,00, 1,667, 0,600 y 0,143

En el sistema los cinco grupos son numerados y tienen prefijos:

1. A extremo sobre B. Prefijo per a A
2. A dominante sobre B. Prefijo do a A
3. A aproximadamente igual a B. Sin prefijo.
4. B dominante sobre A. Prefijo do a B
5. B extremo sobre A. Prefijo per a B

Cuando es necesario hacer subdivisiones se usan las tres siguientes:

- 1 - 2. A preponderante sobre B. Prefijo pre a A.
3. A aproximadamente igual a B. Sin prefijo.
- 4 - 5. B preponderante sobre A. Prefijo pre a B

Como se muestra más adelante, las moléculas de minerales standard, se dividen en dos principales grupos, llamados minerales salio y femie,

Clases.- Las clases son determinadas por la relación salic-femio. Las cinco clases son:

I. Persalie.	Relación sal : Fem mayor que 7.-
II. Dosalie.	Relación sal : Fem entre 7.00 y 1,667
III. Salfemio.	Relación sal : Fem entre 1,667 y 0,60
IV. Dofemio.	Relación sal : Fem entre 0,60 y 0,143
V. Perfemio.	Relación sal : Fem menor que 0,143

Ordenes.- Los órdenes están basados sobre proporciones de las moléculas minerales de Parte I de cualquier clase. En las primeras tres clases las divisiones son más para tener en cuenta las relaciones de cuarzo o feldespatoides a feldespato.

Ordenes de clases I, II y III.

Orden 1	(percuaric)	Cuarzo extremo sobre feldespatos
Orden 2	(feldocuaric)	Cuarzo dominante sobre feldespatos.
Orden 3	(cuarfelic)	Cuarzo y feldespatos iguales.
Orden 4	(cuardofelic)	Feldespatos dominantes sobre cuarzo
Orden 5	(perfelic)	Feldespatos extremos sobre cuarzo o lenads*
Orden 6	(lendofelic)	Feldespatos dominantes sobre lenads
Orden 7	(lenfelic)	Feldespatos y lenads iguales.
Orden 8	(feldolenic)	Lenads dominantes sobre feldespatos.
Orden 9	(perlenic)	Lenads extremo sobre feldespatos.

*Lenads es un término usado para reemplazar a los feldespatoides en la norma.

Ordenes de las clases IV y V

Orden 1	(perpolio)	P ⁺ O extremo sobre M
Orden 2	(dopolio)	P ⁺ O dominante sobre M
Orden 3	(polmitio)	P ⁺ O aproximadamente igual a M
Orden 4	(domitio)	M dominante sobre P ⁺ O
Orden 5	(permitio)	M extremo sobre P ⁺ O

Rangos.- En estas divisiones se relacionan moléculas de óxidos y no moléculas de minerales. En las clases I, II y III los rangos se determinan por la relación de los álcalis totales "salic" a la cal "salic".

Rango 1	(peralkalie)	Álcalis salic extremo sobre cal salic.
Rango 2	(domalkalie)	Álcalis salic dominante sobre cal salic.
Rango 3	(alkalicalcic)	Álcalis salic aprox. igual a cal salic
Rango 4	(docalcic)	Cal salic dominantes sobre álcalis salic.
Rango 5	(percalcic)	Cal salic extremo sobre álcalis salic

En las clases IV y V los rangos están basados en la relación de magnesia total, óxido ferroso (no incluyendo el Fe₂O₃ calculado como FeO) y álcalis femio a la cal femio.

Rango 1	(permiric)	MgO + FeO + Na ₂ O" extremo sobre CaO"
Rango 2	(domiric)	MgO + FeO + Na ₂ O" dominante sobre CaO"
Rango 3	(calcimiric)	MgO + FeO + Na ₂ O" igual a CaO"

Rango 4 (docalcic) CaO^n dominante sobre $\text{MgO} + \text{FeO} + \text{Na}_2\text{O}^n$
 Rango 5 (percalcic) CaO^n extremo sobre $\text{MgO} + \text{FeO} + \text{Na}_2\text{O}^n$

Subrangos.- Los subrangos de las clases I, II y III se basan en la relación de potasa salic y soda salic. En los rangos 1, 2 y 3 ellos son:

Subrango 1 (perpotassic) K_2O extremos sobre Na_2O .
 Subrango 2 (depotassic) K_2O dominante sobre Na_2O
 Subrango 3 (sodipotassic) aproximadamente iguales.
 Subrango 4 (dosodic) Na_2O dominante sobre K_2O
 Subrango 5 (persodic) Na_2O extremos sobre K_2O

En el rango 4 de las clases I, II y III ellos son:
 Subrangos 1-2 (prepotassic) K_2O preponderante sobre Na_2O
 Subrango 3 (sodipotassic) aproximadamente iguales.
 Subrangos 4-5 (presodie) Na_2O preponderante sobre K_2O

En el rango 5 no hay divisiones en subrangos.

Los rangos 1, 2 y 3 de las clases 4 y 5 se dividen como sigue, tomando la Na_2O femic.

Subrango 1 (permagnesie) MgO extremo sobre $\text{FeO} + \text{Na}_2\text{O}^n$
 Subrango 2 (domagnesie) MgO dominante sobre $\text{FeO} + \text{Na}_2\text{O}^n$
 Subrango 3 (magnesiferrous) aprox. iguales.
 Subrango 4 (deferrous) $\text{FeO} + \text{Na}_2\text{O}^n$ dominante sobre MgO
 Subrango 5 (perferrous) $\text{FeO} + \text{Na}_2\text{O}^n$ extremos sobre MgO

El rango 4 de las clases IV y V se divide en:

Subrangos 1-2 (premagnesie)
 Subrango 3 (magnesiferrous)
 Subrangos 4-5 (preferrous)

El rango 5 de las clases IV y V no tiene subrangos.

CALCULOS DE LA NORMA

Ciertos constituyentes calculados, entran exclusivamente en moléculas determinadas, pues cualquiera sea la constitución de la roca, ellos no cambian. Así el ZrO_2 aparece solamente como zircon, el P_2O_5 en la apatita, etc. Otros constituyentes pueden entrar en diferentes moléculas minerales, de acuerdo a las cantidades de otros constituyentes presentes. La potasa puede formar ortoclase, leucita o kaliofilita, y la soda puede formar albita o nefelita, según la cantidad de sílice disponible.

La alúmina, a menos que esté en exceso sobre los álcalis más la cal, siempre se une en la relación de 1 : 1 con la potasa, soda o cal en los minerales salic: ortoclase, leucita, kaliofilita, albita, nefelita y anortita. En estos minerales, cualquier mención de potasa soda o cal, implica un número igual de moléculas de alúmina. Solamente en la anortita la cal es salic; el exceso es femic.

Moléculas de minerales normativos

Grupo salie

Cuarzo (Q)		SiO ₂
Corindón (C)		Al ₂ O ₃
Zircon (Z)		ZrO ₂ SiO ₂
Ortoclase (or)	}	K ₂ O.Al ₂ O ₃ .6SiO ₂
Albita (ab)		Na ₂ O.Al ₂ O ₃ .6SiO ₂
Anortita (an)		CaO.Al ₂ O ₃ .8SiO ₂
Leucita (le)	}	K ₂ O.Al ₂ O ₃ .4SiO ₂
Nefelita (ne)		Na ₂ O.Al ₂ O ₃ .2SiO ₂
Kaliofilita (kp)		K ₂ O.Al ₂ O ₃ .2SiO ₂
Halita (hl)		ClNa
Thenardita (th)		Na ₂ O.SO ₃
Carbonato de sodio (no)		Na ₂ O.CO ₂

Grupo femie

Aemita (ac)	}	P	Na ₂ O.Fe ₂ O ₃ .4SiO ₂
metasilicato de sodio (ns)			Na ₂ O.SiO ₂
Metasilicato de potasio (ks)			K ₂ O.SiO ₂
Diópsido (di)	}	P	CaO.(Mg, Fe)O.2SiO ₂
Wollastonita (wo)			CaO.SiO ₂
Hypersthene (hy)			Mg, Fe)O.SiO ₂
Olivino	}	O	2(Mg, Fe)O.SiO ₂
Ortosilicato de calcio (os)			2CaO.SiO ₂
Magnetita (mt)			FeO.Fe ₂ O ₃
Cromita (cm)	}	H	FeO.Cr ₂ O ₃
Hematita (hm)			Fe ₂ O ₃
Ilmenita (il)	}	M	FeO.TiO ₂
Titanita (tn)			CaO.TiO ₂ .SiO ₂
Perofskita (pf)	}	T	CaO.TiO ₂
Rutile (ru)			TiO ₂
Apatita (ap)	}	A	3(3CaO.P ₂ O ₅).CaF ₂
Fluorita (fr)			CaF ₂
pirita (pr)			FeS ₂
Calcita (ec)			CaO.CO ₂

Cálculos

En los siguientes párrafos la palabra cantidad debe comprenderse siempre significando el número de moléculas que se obtiene dividiendo el porcentaje en peso de los constituyentes por su peso molecular.

- 1) El número de moléculas (cantidad) de cada constituyente se determina teniendo en cuenta la tabla de pesos moleculares. Si el resultado es menor de 0,002, puede ser despreciado.
- 2) Las cantidades de MgO y NiO son agregadas al FeO y las de BaO y SrO al CaO.
- 3a) Una cantidad de CaO igual a 3,33 veces el P₂O₅ (ó 3,00 P₂O₅ y 0,33

F, si el último está presente) es asignada a apatita.

3b) Una cantidad de Na_2O igual a la de Cl_2 es asignada a halita.

3c) Una cantidad de Na_2O igual a la de SO_3 es asignada a thenardita. Debe recordarse aquí que el SO_3 establecido en los análisis amenu- do realmente representa el S de las piritas, así que la regla 3c) e es aplicable solamente cuando la roca contiene minerales del gru- po de la hauynita.

3d) Una cantidad de FeO igual a la mitad del S, se destina a pirita

3e) Una cantidad de FeO igual a aquella del Cr_2O_3 se destina a la cro- mita.

3f) Una cantidad de FeO igual a aquella del TiO_2 se destina para ilme- nita. Si hay un exceso de TiO_2 , una cantidad igual de CaO es asig- nada para provisoriatitanita, pero solamente después de la distri- bución del CaO para formar la anortita con el Al_2O_3 (Regla 4d). Si todavía queda exceso de TiO_2 el es calculado como rutilo.

3g) Una cantidad de CaO igual a la mitad del F remanente es asignado a fluorita.

3h) Si la roca no está descompuesta y contiene cancrinita, una canti- dad de Na_2O igual a la del CO_2 es asignada a carbonato de sodio, el cual debe considerarse como salic. Si la roca contiene calcita una cantidad de CaO igual a la de CO_2 es asignada a calcita. Si la calcita modal es primaria, las moléculas normativas de calcita de- ben ser consideradas como femic; si la calcita modal es secundaria, las moléculas de calcita calculadas deben ser descartadas y no forman parte de la norma.

3i) Dejar el ZrO_2 para zircon

4a) Una cantidad de Al_2O_3 igual a la de K_2O es asignada a ortoclasa provisoria

4b) Si hay un exceso de K_2O sobre el Al_2O_3 , es calculado como meta- silicato de potasio. Para el Na_2O ver reglas 5a y 5b

4c) Un exceso de Al_2O_3 sobre el K_2O es asignado a una igual cantidad de Na_2O remanente para albita provisoria. Si hay insuficiente Al_2O_3 , ver regla 4g)

4d) Si hay un exceso de Al_2O_3 sobre la suma de Na_2O y K_2O usados en 4a y 4c, es asignado a una cantidad igual de CaO remanente para formar anortita.

4e) Si hay un exceso de Al_2O_3 sobre éste CaO , él es calculado como corindon.

4f) Si hay un exceso de CaO sobre el Al_2O_3 de 4d), es femic y se re- serva para diopsido y wollastonita (ver reglas 7a y 7b)

4g) Si en 4c hay un exceso de Na_2O sobre el Al_2O_3 , se reserva para

acmita y posiblemente para metasilicato de sodio (ver reglas 5a y 5b). No hay entonces anortita en la norma

- 5a) A una cantidad de Fe_2O_3 igual a la del exceso de Na_2O sobre el Al_2O_3 (ver regla 4g) se le destina una cantidad igual de Na_2O para formar acmita.
- 5b) Si todavía hay un exceso de Na_2O , se calcula como metasilicato de sodio.
- 5c) Si como sucede usualmente, hay un exceso de Fe_2O_3 sobre el remanente Na_2O , se destina a magnetita, y una cantidad igual de FeO es asignada para ello del remanente de las pirinitas, eromita e ilménita (reglas 3e) 3d, 3f).
- 5d) Si todavía queda un exceso de Fe_2O_3 , se calcula como hematita.
- 6.- Todo el MgO y el FeO remanente de las distribuciones previas son sumados y determinadas sus proporciones relativas.
- 7a) A la cantidad de CaO remanente después del utilizado en la regla 4d se le destina provisoriamente una cantidad igual de MgO más FeO , para formar diopsido, conservando las relativas proporciones de estos dos últimos
- 7b) Si hay un exceso de CaO , se reserva para wollastonita provisoria.
- 7c) Si hay un exceso de MgO más FeO sobre el necesitado para el diopsido (7a), se reserva para hyperstheno provisoria.

Todos los óxidos, excepto la sílice, se han distribuido para actuales o provisionales moléculas, y debemos ahora considerar la distribución de la SiO_2

- 8a) Distribuir las cantidades necesarias de SiO_2 a ZrO_2 para formar zircon (Regla 3i, 1:1), al CaO para formar titanita (Regla 3f, 1:1) al exceso de Na_2O para formar acmita (Regla 5a, 4:1), al exceso de K_2O y Na_2O para formar metasilicatos de potasio y de sodio (Reglas 4b, 5b, 1:1), al K_2O para ortoclasa provisoria (Regla 4a, 6:1), al Na_2O para albita provisoria (Regla 4c, 6:1), al CaO para anortita provisoria (Regla 4d, 2:1), al CaO más $(\text{Mg,Fe})\text{O}$ para diopsido (Regla 7a, 1:1), al exceso del CaO para wollastonita (Regla 7b, 1:1) y al $(\text{Mg,Fe})\text{O}$ para hyperstheno (Regla 7c, 1:1). Las cantidades de sílice así distribuidas son sustraídas de la sílice total.
- 8b) Si hay un exceso de sílice se calcula como cuarzo.
- 8c) Si no alcanza la sílice para 8a, la SiO_2 asignada al hyperstheno se sustrae de la suma general de 8a y el remanente se sustrae de la sílice total. Si hay aquí un exceso de SiO_2 mayor o igual a la mitad de la cantidad de $(\text{Mg,Fe})\text{O}$ de regla 7c, se le asigna a dicho $(\text{Mg,Fe})\text{O}$ para formar hyperstheno y olivina, y se distribuye de

acuerdo a las ecuaciones (1) y (2):

Hagamos a x = al número de moléculas de hyperstheno, y = al número de moléculas de olivino, M = a la cantidad disponible de $(Mg,Fe)O$, S = a la cantidad disponible de SiO_2 ; entonces:

$$x = 2S - M, \quad (1)$$

$$y = S - x \quad (2)$$

En estas operaciones las proporciones relativas de MgO y de FeO determinadas en la regla 6 y usadas al formar diopsido (Regla 7a) son conservadas. Las moléculas fijas y provisionales de la regla 8a son calculadas en sus pesos moleculares.

Las reglas hasta aquí traducidas y transcriptas son las únicas necesarias al objeto del presente trabajo. En el sistema hay otra cantidad de reglas a usar en los casos en que la cantidad de SiO_2 no alcance para distribuir en los minerales normativos hasta ahora nombrados.

9.- Habiendo ajustado las cantidades de SiO_2 y las de todos los otros constituyentes entre las moléculas fijadas y aquellas con diferentes relaciones de sílice (las moléculas provisionales han llegado a ser moléculas actuales), ellas son calculadas en los porcentajes en peso de las moléculas minerales de la norma por el uso de tablas.

10.- La posición del magma en la clasificación, es ahora determinada, la clase por la relación de sal a fem, el orden por la relación de cuarzo a feldespato o lena a feldespato en las clases I, II y III, y por P más O a M en las clases IV y V, etc.

Sistema de C.I.P.W.

Casa Rama

	Análisis %	Proporciones moleculares
SiO ₂	59,11	0,9850
Al ₂ O ₃	20,24	0,1986
Fe ₂ O ₃	1,10	0,0068
FeO	4,95	0,0689
MgO	2,48	0,0615
CaO	6,67	0,1191
Na ₂ O	3,85	0,0621
K ₂ O	1,43	0,0151
P ₂ O ₅	0,12	0,0008

Cálculos de la norma

4a)	0,0151 de Al ₂ O ₃ equivalente a igual cantidad de K ₂ O	- ortoclase
4e)	0,0621 " " "	Na ₂ O - albita
4d)	0,1191 " " "	CaO - anortita
	<u>0,1963</u>	

El excedente de Al₂O₃ 0,1986 - 0,1963 = 0,0023 = sorindon

5e) 0,0068 de FeO equivalente a igual cantidad de Fe₂O₃ - magnetita

6.) Todo el MgO y el FeO remanente son sumados:

El FeO remanente es 0,0689 - 0,0068 = 0,0621

El MgO es 0,0615

0,1236

Distribución de la SiO₂

Para formar ortoclase en la relación 6:1 con el K₂O ó

	sea: 6 x 0,0151 = . . .	0,0906
P. f. albita en rel. 6:1 con Na ₂ O :	6 x 0,0621 = . . .	0,3726
P.f. anortita en rel. 2:1 con CaO :	2 x 0,1191 = . . .	0,2382
P.f. hyperstheno en rel. 1:1 con (Mg,Fe)O	= . . .	<u>0,1236</u>
		0,8250

Como la sílice total es: 0,9850

y la utilizada es: 0,8250

la diferencia 0,1600 corresponde a cuarzo.

9) Cálculo de los porcentajes en peso de las moléculas minerales de la norma;

0,160 mol. de Q x 60 =	9,60	Q	} Sal=83,87
0,0151 mol. de cr. x 556,1 =	8,40	F = 74,04	
0,0621 mol. de ab. x 523,9 =	32,53		
0,1191 mol. de an. x 278 =	33,11		
0,0023 mol. de C x 101,9 =	0,23	C	
MgO: 0,0615 x 100 = 6,15	} hy = 14,35	hy	} Fem=15,92
FeO: 0,0621 x 132 = 8,20			
0,0068 mol. de M. x 231,4 =	1,57	M	

10) La posición del magma en la clasificación puede ahora determinarse según las siguientes relaciones:

$$\frac{sal}{fem} = \frac{83,87}{15,92} = 5,26 \quad \text{luego pertenece a clase II (dosalic)}$$

$$\frac{Q}{F} = \frac{9,60}{74,04} = 0,12 \quad \text{" " orden 5 (perfelic)}$$

$$\frac{K_2O + Na_2O}{CaO} = \frac{0,015 + 0,062}{0,119} = 0,64 \quad \text{" rango 3 (alcalicalcio)}$$

$$\frac{K_2O}{Na_2O} = \frac{0,015}{0,062} = 0,24 \quad \text{" Subrango 4 (dosodio)}$$

Pozo del Molle

	Análisis %	Proporciones moleculares
SiO ₂	66,56	1,1093
Al ₂ O ₃	16,84	0,1652
Fe ₂ O ₃	0,47	0,0029
FeO	2,67	0,0373
MgO	1,88	0,0466
CaO	3,24	0,0578
Na ₂ O	4,46	0,0719
K ₂ O	1,27	0,0134

Cálculos de la norma

4a) 0,0134 de Al₂O₃ equivalente a igual cantidad de K₂O - ortoclasa
 4c) 0,0719 " " " Na₂O - albita
 4d) 0,0578 " " " CaO - anortita
 0,1431

4e) El excedente de Al₂O₃ 0,1652 - 0,1431 = 0,0221 ≡ corindon
 5c) 0,0029 de FeO equivalente a igual cantidad de Fe₂O₃ - magnetita
 6) El FeO remanente es: 0,0373 - 0,0029 = 0,0344
 El MgO es: 0,0466
 (Mg, Fe)O : 0,0810

8) Distribución de la sílice:
 Para formar ortoclasa en la relación de 6:1 con el K₂O ó
 sea: 6 x 0,0134 = 0,0804
 P. f. albita en rel. 6:1 con Na₂O: 6 x 0,0719 = 0,4314
 P. f. anortita en rel. 2:1 con CaO 2 x 0,0578 = 0,1156
 P. f. hyperstheno en rel. 1:1 con (Mg, Fe,)O = 0,0810
 0,7084
 El exceso de SiO₂: 1,1093 - 0,7084 = 0,4009 corresponde a cuarzo

9) Cálculo de los porcentajes en peso, de las moléculas minerales de la norma:

0,4009 mol. de Q x 60 =	24,54	Q	
0,0134 mol. de or. x 556,1 =	7,45	}	F = 61,19
0,0710 mol. de ab. x 523,9 =	37,67		
0,0578 mol. de an. x 278 =	16,07	}	Sal = 87,98
0,0221 mol. de C. x 101,9 =	2,25		
MgO: 0,0466 x 100 = 4,66	}	}	Fem = 9,87
FeO: 0,0344 x 132 = 4,54				9,20	hy
0,0029 mol magn. x 231,4 =	0,67	M	

10) Posición del magma en la clasificación:

$$\frac{sal}{Fem} = \frac{87,98}{9,87} = 8,91 \quad \text{Clase I (persalico)}$$

$$\frac{Q}{F} = \frac{24,54}{61,19} = 0,40 \quad \text{Orden 4 (cuardofelico)}$$

$$\frac{K_2O + Na_2O}{CaO} = \frac{0,0134 + 0,0719}{0,0578} = 1,47 \quad \text{Rango 3 (alcalicalcio)}$$

$$\frac{K_2O}{Na_2O} = \frac{0,0134}{0,0719} = 0,18 \quad \text{Subrango 4 (dosodico)}$$

Pan de Azucar

	Análisis %	Proporciones moleculares
SiO ₂	57,00	0,9500
Al ₂ O ₃	18,70	0,1835
Fe ₂ O ₃	2,21	0,0138
FeO	6,76	0,0941
MgO	3,26	0,0808
CaO	6,41	0,1144
Na ₂ O	2,79	0,0450
K ₂ O	1,72	0,0182
P ₂ O ₅	0,26	0,0018

Cálculo de la norma

4a)	0,0182	de Al ₂ O ₃	equivalente a igual cantidad de K ₂ O	- ortoclasa
4c)	0,0450	"	"	Na ₂ O - albita
4d)	0,1144	"	"	CaO - anortita
	<u>0,1776</u>			

El excedente de Al₂O₃ 0,1835 - 0,1776 = 0,0059 = corindon

5c) 0,0138 FeO equivalente a igual cantidad de Fe₂O₃ - magnetita

6) El FeO remanente es: $0,0941 - 0,0138 = 0,0803$
 El MgO es $0,0808$
 (mg,Fe)O: $0,1611$

8a) Distribución de la sílice:

Para formar ortoclasa en la relación 6:1 con el K₂O

o sea $6 \times 0,0182 = 0,1032$
 P. f. albita en la rel. 6:1 con Na₂O: $0,0450 \times 6 = 0,2700$
 P. f. anortita en rel. 2:1 con CaO: $2 \times 0,1144 = 0,2288$
 P. f. hyperstheno en rel. 1:1 con (Mg,Fe)O $0,1611$
 ~~$0,1611$~~
 $0,7631$

Como la sílice total es $0,950$
 y la utilizada es $0,7631$
 la diferencia $0,1869$ corresponde a cuarzo

9) Cálculo de los porcentajes en peso de las moléculas minerales de la norma:

0,1869 mol. de Q x 60 =	11,21	Q	F = 65,50	Sal = 77,31
0,0182 mol. de or. x 556,1 =	10,12			
0,0450 mol. de ab. x 523,9 =	23,58			
0,1144 mol. de an. x 278 =	31,80			
0,0059 mol. de C. x 101,9 =	0,60	C		
0,0808 mol. MgO x 100 = 8,08	18,68	hy	Fem = -21,87	
0,0803 mol. FeO x 132 = 10,60				
0,0138 mol M. x 231,4 =	3,19	M		

10) Posición del magma en la clasificación:

$$\frac{sal}{fem} = \frac{77,31}{21,87} = 3,53 \quad \text{Clase II (dosalic)}$$

$$\frac{Q}{F} = \frac{11,21}{65,50} = 0,17 \quad \text{Orden 4 (cuardofelic)}$$

$$\frac{K_2O + Na_2O}{CaO} = \frac{182 + 450}{1144} = 0,55 \quad \text{Rango 4 (docalcic)}$$

$$\frac{K_2O}{Na_2O} = \frac{0,0182}{0,0450} = 0,40 \quad \text{Subrango 4 (dosodio)}$$

La Calera

	Análisis %	Proporciones moleculares
SiO ₂	52,22	0,8703
Al ₂ O ₃	23,58	0,2314
Fe ₂ O ₃	2,91	0,0182
FeO	6,23	0,0867
MgO	1,76	0,0436
CaO	8,34	0,1489
Na ₂ O	3,92	0,0632
K ₂ O	1,35	0,0143

Cálculo de la norma

4a)	0,0143	de Al ₂ O ₃	equivalente a igual cantidad de	K ₂ O	-	ortosa
4c)	0,0632	"	"	Na ₂ O		albita
4d)	0,1489	"	"	CaO		anortita
	<u>0,2264</u>					
4e)	El excedente de Al ₂ O ₃ 0,2314 - 0,2264 = 0,0050 =					corindon
5c)	0,0182 de FeO equivalente a igual cantidad de Fe ₂ O ₃ -					magnetita
	El FeO remanente es: 0,0867 - 0,0182 = 0,0685					
	El MgO es: 0,0436					
	(Mg,Fe)O: 0,1121					

Distribución de la sílice:

Para formar ortoclasa en la relación 6:1 con el K ₂ O 6	sea 6 x 0,0143 =	0,0858
P. f. albita en rel. 6:1 con Na ₂ O	6 x 0,0632 =	0,3792
P.f. anortosita en rel. 2:1 con CaO	2 x 0,1489 =	0,2978
P. F. hyperstheno provisorio en rel. 1:1 con (Mg,Fe)O		<u>0,1121</u>
Como la SiO ₂ no alcanza, se sustrae la correspondiente al hyperstheno		0,8749
		<u>0,1121</u>
		0,7628

Examinamos el sobrante de SiO₂:

0,8703 - 0,7628 = 0,1075

Como éste exceso de SiO₂ es superior a la mitad de la cantidad de (Mg,Fe)O (7c), ella es distribuida con el (Mg,Fe)O para formar hyperstheno y olivina, de acuerdo a las ecuaciones (1) y (2):

x = número de moléculas de hyperstheno (Mg,Fe)O.SiO₂
 y = " " " olivina 2(Mg,Fe)O.SiO₂
 M = cantidad de (Mg,Fe)O
 S = " SiO₂

x = 2S - M = 2 x 0,1075 - 0,1121 = 0,1029 = mol. hyperstheno

y = S - x = 0,1075 - 0,1029 = 0,0046 mol de olivina

9) Cálculo de los porcentajes en peso de las moléculas minerales de la norma:

0 de cuarzo	0.-	Q	
0,0143 mol. de or. x 556,1 =	7,95		} sal = 82,96
0,0632 mol. de ab. x 523,9 =	33,11	F = 82,45	
0,1489 mol. de an. x 278 =	41,39		
0,0050 mol. de C x 101,9 =	0,51	C	
0,1029 mol. de hy, distribuido prop. a MgO y FeO, correspondiendo: 0,0401 de MgO y 0,0628 de FeO			
0,401 x 100 = 4.-			
0,0628 x 132 = 8,29		12,29 hy	
2MgO.SiO ₂ tiene 0,0036/2 mol =			
0,0018 x 140,6 = 0,25			
2FeO.SiO ₂ tiene 0,0057/2 mol	0,82 ol.		fem = 17,32
0,0028 x 203,6 = 0,57			
0,0182 mol magnetita x 231,4 =	4,21 M		

10) Posición del magma en la clasificación:

$$\frac{sal}{fem} = \frac{82,96}{17,32} = 4,79 \quad \text{Clase II (dosalic)}$$

$$\frac{Q}{F} = \frac{0}{65,50} = 0 \quad \text{Orden 5 (perfelic)}$$

$$\frac{K_2O + Na_2O}{CaO} = \frac{143 + 632}{1489} = 0,52 \quad \text{Rango 4 (docalcic)}$$

$$\frac{K_2O}{Na_2O} = \frac{0,0143}{0,0632} = 0,23 \quad \text{Subrango 4 (dosodic)}$$

Las Tunas (Cosquin)

	Análisis %	Proporciones moleculares
SiO ₂	89,29	1,1516
Al ₂ O ₃	17,70	0,1736
Fe ₂ O ₃	1,38	0,0086
FeO	2,49	0,0346
MgO	0,07	0,0017
CaO	3,72	0,0664
Na ₂ O	3,78	0,0609
K ₂ O	1,22	0,0129
P ₂ O ₅	0,27	0,0019

Cálculo de la norma

4a) 0,0129 de Al₂O₃ equivalente a igual cantidad de K₂O - ortoclasa
 4c) 0,0609 " " " Na₂O - albita
 4d) 0,0664 " " " CaO - anortita
 0,1402

4e) El excedente de Al₂O₃ 0,1736 - 0,1402 = 0,0334 = corindon
 5c) 0,0086 de FeO equivalente a igual cantidad de Fe₂O₃ - magnetita
 6) El FeO remanente es 0,0346 - 0,0086 = 0,026

El Mg O es: . . . 0,0017
 (Mg, Fe) O es: . . . 0,0277

8a) Distribución de la SiO₂
 Para formar ortoclasa en la relación 6:1 con el K₂O: 6 x 0,0129 = 0,0774
 P.f. albita en rel. 6:1 con Na₂O: 6 x 0,0609 = 0,3654
 P.f. anortita en rel. 2:1 con CaO: 2 x 0,0664 = 0,1328
 P.f. hyperstheno en rel. 1:1 con (Mg, Fe)O . . . 0,0277
 0,6033

8b) El exceso de SiO₂
 1,1516 - 0,6033 = 0,5483 corresponde a cuarzo

Cálculo de los porcentajes en peso de las moléculas minerales de la norma:

0,5483 mol. de cuarzo x 60 =	32,90	Q	
0,0129 mol. or. x 556,1 =	7,17	}	F = 57,53
0,0609 mol. ab. x 523,9 =	31,91		
0,0664 mol. an. x 278 =	18,45		
0,0334 mol. C. x 101,9 =	3,40	C	
0,0017 MgO x 100 = 0,17	}	hy =	Fem = 5,59
0,0260 FeO x 132 = 3,43			
0,0086 mol magnetita x 231,4 =	1,99	M	

Posición del magma en la clasificación:

$\frac{sal}{fem} = \frac{93,83}{5,59} = 16,78$	Clase I (persalico)
$\frac{Q}{F} = \frac{32,90}{57,53} = 0,57$	Orden 4 (cuardofelio)
$\frac{K_2O + Na_2O}{CaO} = \frac{129 + 606}{664} = 1,11$	Rango 3 (álcalicalcio)
$\frac{K_2O}{Na_2O} = \frac{0,0129}{0,0606} = 0,21$	Subrango 4 (dosodio)

Sistema de Niggli

Capítulo X, Volumen I, de "A Descriptive Petrography of the Igneous Rocks". A. Johannsen.

El sistema de Niggli es una modificación y simplificación del S. de Osann, del cual difiere en algunos pasos. Los porcentajes en peso de los distintos óxidos se computan primero en números de moléculas, y cada número es multiplicado por 1.000 para eliminar decimales. Los valores encontrados no se reducen a porcentos. El número moleculas de Fe₂O₃ se multiplica por 2 y su valor se agrega al FeO.

La suma de Al₂O₃ (con el Cr₂O₃ y las tierras raras), (Fe,Mn)O más MgO, CaO (BaO más SrO), y K₂O más Na₂O (Li₂O), se recalculan a porcentos y sus valores se representan por: al (para el Al₂O₃), fm (para el (Fe,Mg,Mn)O), e para el (Ca,Sr,Ba)O y alk para (Na₂, K₂)O. Pequeñas cantidades de NiO, CuO, etc. se agregan previamente al FeO.

Otros valores son dados para (k), la relación de K₂O a la suma de los álcalis en alk, y para (mg) la relación de MgO a la suma de FeO, MnO y MgO en fm.

Los valores para si, ti, zr, p, h, co₂, so₄, cl₂, etc. se obtienen reduciendo sus números moleculares en la misma proporción con que se redujeron los valores de al, fm, e y alk, cuando se redujeron a porcentos.

Finalmente el valor de cuarzo, qz, se determina por un computo

el cual también da aproximadamente la composición del mineral. Los minerales con mayor contenido de SiO₂ son los feldespatos, la augita y la hornblenda. Tomando las fórmulas simples, tenemos para la ortoclase: 1 alk(K₂O), 1 al y 6 si; para la albíta lo mismo sustituyendo el K₂O por el Na₂O; y para la anortita tenemos: 1 e, 1 al y 2 si. Los valores usados teóricamente en la augita y hornblenda son: 1 fm, 1 e y 1 si. Si el al es mayor que la suma de alk y e, el al remanente se une con si formando sillimanita. Si el al es menor que los alk, el exceso de alk, con rocas de alto contenido de sk, usualmente se unen en la aegirita. Si hay un exceso de si, usualmente está en la forma de cuarzo; si hay una deficiencia de si, entonces deben esperarse minerales con menos SiO₂, como olivina, biotita, feldespatoides, etc. El valor qz, entonces, representa el exceso de sílice sobre el requerido por el primer grupo de minerales (si'), luego:

$$qz = si - si' = si - (6alk + 2(al-alk) + (e - (al-alk)) + fm),$$

$$= si - (100 + 4alk), \text{ cuando los alk son menores que al.}$$

Cuando los alk son mayores que al, entonces:

$$qz = si - (100 + 3al + 1alk)$$

Casa Bamba

	mol x 1.000	si	al	fm	e	alk
SiO ₂	985	985				
Al ₂ O ₃	199		199			
FeO	83			83		
MgO	61			61		
CaO	119				119	
Na ₂ O	62					62
K ₂ O	15					15
Totales		985	199	144	119	77

al	199	.....	36	
fm	144	.....	27	
e	119	.....	22	$\frac{100}{539} = 0,185$
alk	77	.....	15	
	<u>539</u>			

si 985 182

$$qz = 182 - (100 + 4 \times 15) = 22$$

Pozo del Molle

	Mol.x 1.000	si	al	fm	e	alk
SiO ₂	1.109	1.109				
Al ₂ O ₃	165		165			
FeO	43			43		
MgO	47			47		
CaO	58				58	
Na ₂ O	72					72
K ₂ O	13					13
Totales		1.109	165	90	58	85

al	165	.....	41,5
fm	90	.....	22,5
e	58	.....	14,5
alk	<u>85</u>	.....	21,5
	398		

$$\frac{100}{398} = 0,251$$

$$si \quad 1.109 \quad \quad \quad 278,5$$

$$qz = 278,5 - (100 + 4 \times 21,5) = 92,5$$

Pan de Azucar

	Mol.x 1.000	si	al	fm	e	alk
SiO ₂	950	950				
Al ₂ O ₃	183		183			
FeO	122			122		
MgO	81			81		
CaO	114				114	
Na ₂ O	45					45
K ₂ O	18					18
Totales		950	183	203	114	63

al	183	.....	32
fm	203	.....	36
e	114	.....	20,5
alk	<u>63</u>	.....	11,5
	563		

$$\frac{100}{563} = 0,177$$

$$si \quad 950 \quad \quad \quad 168$$

$$qz = 168 - (100 + 4 \times 11,5) = 22$$

La Calera

	Mol.x 1.000	si	al	fm	e	alk
SiO ₂	870	870				
Al ₂ O ₃	232		232			
FeO	123			123		
MgO	44			44		
CaO	149				149	
Na ₂ O	63					63
K ₂ O	14					14
Totales		870	232	167	149	77

al	232	.....	37	
fm	167	.....	27	
e	149	.....	24	
alk	<u>77</u>	.....	12	
	625			$\frac{100}{625} = 0,16$
si	870	.....	139	

$$qz = 139 - (100 + 4 \times 12) = -9$$

Este valor negativo indica que no hay cuarzo libre y que en la roca deben encontrarse minerales componentes con menor contenido de SiO₂.

Las Tunas (Cosquin)

	Mol.x 1.000	si	al	fm	e	alk
SiO ₂	1.152	1.152				
Al ₂ O ₃	174	174	174			
FeO	52			52		
MgO	2			2		
CaO	66				66	
Na ₂ O	61					61
K ₂ O	13					13
Totales		1.152	174	54	66	74

al	174	.....	47,5	
fm	54	.....	14,5	
e	66	.....	18	
alk	<u>74</u>	.....	20	
	368			$\frac{100}{368} = 0,271$

$$qz = 312 - (100 + 4 \times 20) = 132$$

$$qz = 312 - (100 + 4 \times 20) = 132$$

CUADROS COMPARATIVOS DE VALORES

En los cuadros de las páginas subsiguientes comparamos los valores hallados en las rocas estudiadas, con las rocas típicas descritas en los libros: "Spezielle Petrographie der eruptivgesteine" del Dr. Ing. W. E. Tröger (1935), y en el citado libro de Johannsen: "A Descriptive Petrography of the igneous rocks", Volúmenes II y III.

Se comparan allí los resultados de los análisis químicos, las normas y clasificaciones según el sistema CIPW y los datos obtenidos según el sistema de Niggli.

CUADRO COMPARATIVO DE VALORES

CASA BAMBÁ	Troger (157) Polésit Quartzdiorit	Mierotinit Diorita	(64) p. 343 Granodiorita	Johannsen Tabla 176, p. 344 Valores límites encontrados sobre 80 granodioritas	Tabla 60, p. 155, Valores límites de las dioritas de las familias 2113 y 2213, excluyendo a las dioritas cuarzoíferas
Analisis					
SiO ₂	61,45	60,60	61,72	73,86	64,60
Al ₂ O ₃	13,61	18,21	20,02	20,02	23,26
Fe ₂ O ₃	2,02	1,93	3,05	10,-	3,07
FeO	4,95	4,00	0,35	0,84	9,32
MgO	2,58	2,52	1,54	0,19	7,60
CaO	6,00	3,95	4,56	8,73	8,56
Na ₂ O	3,30	3,70	4,85	6,95	10,01
K ₂ O	1,05	2,29	2,77	0,45	1,76

CIPW norma

Q	9,60	12,2	12,2	
Or	8,40	13,3	13,3	
ab	32,53	30,9	30,9	F 71
an	33,11	26,8	26,8	
C	0,23			
hy	14,35	10,9	10,9	
di	-	3	3	
M	1,57	2,8	2,8	

CIPW clasificación

II.5.3.4.	II.4.3.4.	II.5.3.4.	II.4.3.4.	II.5.3.4.	II.4.3.3.
II.5.3.4.	II.4.3.4.	II.5.3.4.	II.4.3.4.	II.5.3.4.	II.4.3.3.
Tipos magmáticos. Troger p. 340					
Quartzdiorit Diorita Granodiorita					
220	31	31	19	19	270
36	30	28	22,5	14	39
27	22,5	20,5	17	21	25
22	12,5	16,5			17
15					21

Sistema de Nierli

182	195	198	155	270
36	30	28	25	39
27	22,5	20,5	17	25
22	12,5	16,5		17
15				21

CUADRO COMPARATIVO DE VALORES

<u>Pozo del Molle</u>		<u>Johannes</u>	
<u>Analisis</u>	<u>Granodioritas (60)</u>	<u>Familia 227 (2)</u>	<u>Valores límites</u>
SiO ₂	66,50	66,65	73,9 - 52,2
Al ₂ O ₃	16,84	16,15	20 - 11,1
Fe ₂ O ₃	0,47	1,52	10,5 - 0
BaO	2,67	2,36	5,8 - 0,3
MgO	1,88	1,74	5,2 - 0,3
CaO	3,24	4,53	8,7 - 0,8
Na ₂ O	4,46	3,40	5,6 - 2,4
K ₂ O	1,27	2,65	4,8 - 1,1
<u>CIPW norma</u>	<u>Modos</u>		
Q	24,54	26	
or	7,45	3 microel.	
ab	37,67	51,3 olig.	16,8 or
an	16,07	10 biot.	52,5 olig.
hy	9,20	3 hornb.	4,5 biot.
M	0,67	0,7 M	1,3 musc.
			0,6 M
<u>CIPW Clasificación</u>			
I.4.3.4.			I.4.3.4.
<u>Sistema de Niggli</u>			
sl	278,5		270
al	41,5		39
fm	22,5		23
e	14,5		17
alk	21,5		21
			II.4.3.3.
			Leukoquartzdiorita
			Tipos magmáticos. Troger p. 340
			Granodiorita

CUADRO COMPARATIVO DE VALORES

<u>Pan de Azúcar</u>	Johannsen		Troper	
	Granodioritas Fam. 227'		F. dioritas	F. Quarzdiorita
	(24)	Valores límites	(308) Diorita	(157) Peléoit.
<u>Análisis</u>				
S102	57,98	73,86 - 52,21	56,06	61,45
Al2O3	17,01	20,02 - 11,13	17,61	18,61
Fe2O3	3,34	10,46 - 0	1,65	2,02
FeO	3,34	5,84 - 0,35	7,59	4,95
MgO	2,74	5,19 - 0,23	3,38	2,58
CaO	7,35	8,73 - 0,81	7,26	6,60
Na2O	3,92	6,95 - 2,40	3,47	3,30
K2O	2,02	5,45 - 1,09	1,67	1,05
<u>CIPW norma</u>	<u>Modo</u>			
Q	12,10		7	17,2
or	9,70 or		6 microolino	6,1
ab	52.- andesina		53 plag.	27,8 F
an			23 horn.	32,8
o	6,7 biotita		9 biot.	13,4
hy	13,50 hy - augita		3 Trz.	3
M	4,90 M			
<u>CIPW clasificación</u>				
II.4.4.4.		II.5.3.4.		II.4.4.4.
<u>Sistema de Niggli</u>				
sl	168	158	195	
al	32	29,5	35	
fm	36	36	30	
alk	11,5	12,5	12,5	

CUADRO COMPARATIVO DE VALORES

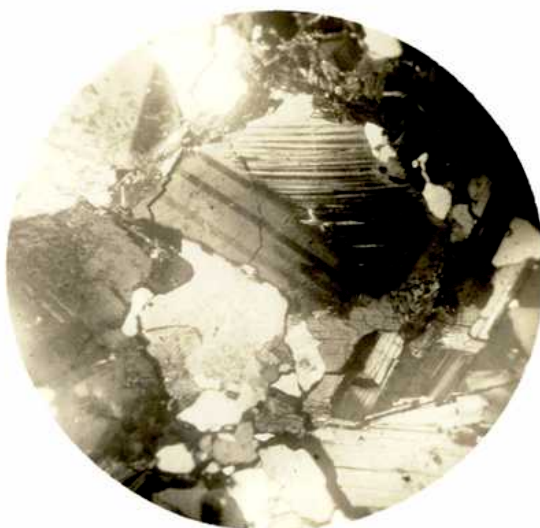
La Calera	Johannsen	Troger
Analisis	Tabla. Gabros (2313P) (20) Anorthosite	Familia de los Gabros 386 Anorthitbasalt
SiO ₂ 52,22	53,18	49,77
Al ₂ O ₃ 23,58	23,25	20,57
Fe ₂ O ₃ 2,91	1,53	6,06
FeO 6,23	1,82	5,11
MgO 1,86	2,60	5.-
CaO 8,34	11,18	10,37
Na ₂ O 3,92	3,97	1,06
K ₂ O 1,35	0,86	0,84
CIPW norma		
Q 0.-	0	9,1 Q
Or 7,95	66.- labradorita	5. or
Ab 33,11 F 82,45	15,4 augita	9,4 ab F 62,4
An 41,39	7. caolin	48. an
C 0,51	2 M	2.- di
Hy 12,29		16.- hy
Cl. 0,82		8,8 M
M 4,21		
CIPW clasificación		Tipos magnéticos Troger p. 340 Gabbrodiorita Anorthosit Gabro
II.5.4.4.	II.4.3.4.	II.4.4.4. III.5.3.4.4. III.5.4.5.
Sistema de Niggli		
si 139	151	135
al 37	40	24,5
fm 27	39,5	42,5
c 24	12	23
alk 12	8,5	10

CUADRO COMPARATIVO DE VALORES

<u>Las Tunas</u>	<u>Johannsen</u> Granodioritas F. 2271 (70) Valores límites	Troger Quarzdioritaplit (137)
<u>Análisis</u>		
SiO ₂	70,60	69,66
Al ₂ O ₃	17,30	17,27
Fe ₂ O ₃	2,50	0,21
FeO	0,50	1,04
MgO	4,10	0,28
CaO	3,20	4,54
Na ₂ O	1,60	4,91
K ₂ O		0,71
<u>CIPW norma</u>		
Q	26,40 cuarzo	29 Q
or	23,10 or	65 F
ab	46 andesita	
an		5 biot. y horn.
e	2,4 biotita	1 erz
hy		
M	2,20 M	
<u>CIPW clasificación</u>		<u>Leukoquarzdiorit</u>
I.4.3.4.		I.4.3.3.
<u>Sistema de Niggli</u>		I.4.3.4.
sl	312	312
al	47,5	46
fm	14,5	8,5
e	18	22
alk	20	23,5
		330
		42
		15
		17
		26

Descripción Petrográfica

CASA BAMBA



Observando una preparación en lámina delgada de la roca, con microscopio polarizante, a nicoles cruzados, se determina la presencia de los siguientes minerales componentes:

Cuarzo: en individuos xenomorfos, con tamaños variables, el engranaje forma estructura pavimentosa, algunos cristales tienen extinción ondulosa bien marcada.

Plagioclasas, algunos cristales con macla polisintética bien marcada.

Biotita, abundante, dispuesta en forma de paquetes.

Hornblenda, poca cantidad.

Magnetita, poca cantidad.

Descripción petrográfica

Pozo del Molle



Observando una preparación en lámina delgada de la roca, con microscopio polarizante, a nicóles cruzados, se determina la presencia de los siguientes minerales componentes:

Cuarzo, abundante, con extinción ondulosa.

Plagioclasas: con signos de alteración por el aspecto terroso que presentan.

Ortoclasa y microclino, ambas más o menos en igual proporción.

Muscovita, en paquetes y hojuelas dentro de otros minerales y desparrramada.

Hornblenda: poca cantidad.

Descripción Petrográfica

PAN DE AZUCAR



Observando una preparación en lámina delgada de la roca, con microscopio polarizante, a nicoles cruzados, se determina la presencia de los siguientes minerales componentes:

Cuarzo: algunos cristales xenomorfos, todos ellos muestran extinción ondulosa.

Plagioclasas, con macla polisintética, algunas presentan aspecto ligeramente terroso, índice de una alteración incipiente.

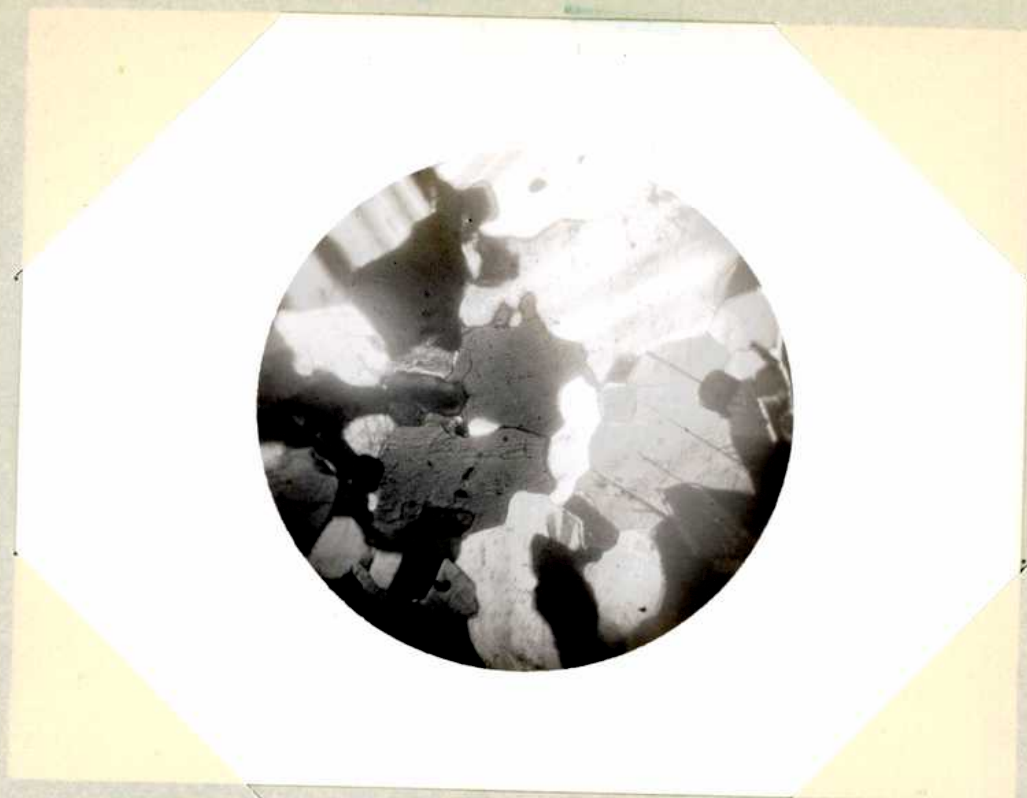
Biotita.

Microclino.

Feldespatos potásico se observa pero no en proporción que se pueda apreciar su cantidad relativa.

Descripción Petrográfica

LA CALERA



Observando una preparación en lámina delgada de la roca, con microscopio polarizante, a nicols cruzados, se determina la presencia de los siguientes minerales componentes:

Cuarzo: pocos cristales xenomorfos

Plagioclasas con macla polisintética.

Biotita

Magnetita.

Descripción Petrográfica

LAS TUNAS



Observando una preparación en lámina delgada de la roca, con microscopio polarizante, a nicols cruzados, se determina la presencia de los siguientes minerales componentes:

Cuarzo: se observa gran cantidad en individuos xenomorfos, con engranaje irregular, a veces formando estructura pavimentosa, algunos con extinción ondulosa.

Plagioclasas, regular cantidad, con macla polisintética. Algunos feldespatos con indicios de caclinización.

Muscovita, en pequeños paquetes y todos sentidos.

Biotita, más o menos en igual proporción que la muscovita.

Clorita, poca cantidad.

Apatita, poca cantidad.

Magnetita, poca cantidad.

Feldespatos potasicos, se observan pero no en proporción que se puedan apreciar su cantidad relativa.

CLASIFICACION

Teniendo en cuenta los resultados analíticos, la observación macroscópica y los resultados obtenidos aplicando los sistemas químicos descriptos, clasificamos las rocas estudiadas en la siguiente forma:

Casa Bamba: Diorita

Pozo del Molle: Granodiorita.

Pan de Azucar: Granodiorita

La Calera: Gabrodiorita

Las Tunas: Granodiorita

BIBLIOGRAFIA

"A Descriptive Petrography of the igneous rocks", Albert Johannsen
Volúmenes I, II y III. Segunda Edición.

"Spezielle Petrographie der eruptivgesteine", Dr. Ing. W. Ehren-
reich Tröger. (1935).

"Silicate Analysis" A. W. Groves (1937)

"Essentials for the Microscopical Determination of rock forming
minerals and rocks". A. Johannsen.

"Mikroskopische Physiographic", Rosenbusch - Wülfing.

"Optical Crystallography", Ernest E. Wahlstrom.

"A Textbook of Mineralogy", E. S. Dana.

Bs. Aires, 7 de mayo 1947. -

Recibida en la fecha, cuenta



JUAN M. PARR
SECRETARIO

Bs. Aires, 7 mayo 1947. -

Se da a la Comisión exa-
minadora del Grupo XVIII, integrada
por el señor profesor doctor Francisco
Sastore, para que se proceda a exa-
minar la presente tesis del ex-
abundante del Doctorado en Químicas,
señor Julio Kravines Kravines. -

Tesis 833



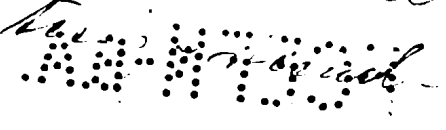
Arg. JUNIO V. OTAGLA
Dir. de la Facultad

Jorge A. Scotti
Ing. JORGE A. SCOTTI

Pure

119 - 1947

Las miembros de la Asoc.
ción de...
gracia por el...
reunido la...
no aceptada.



Francisco Pastore

Arnoldo Ruffini

~~Alfonso~~ ^{En B.S.}