

*EL ANALISIS PETROGRAFICO MEDIANTE  
SELECTOR ELECTRONICO*

FRANCISCO J. FABREGAT GUINCHARD \*

**R E S U M E N**

La identificación de las especies minerales es inmediata en los laboratorios de radiocristalografía, comparando su espectro por difracción con la colección de los que ya se tienen. El problema se complica al tener que identificar varias especies registradas en un mismo diagrama, cual es el caso de los componentes de las rocas.

Este análisis se confía a los selectores electrónicos, dando un programa de selección y los principales máximos de difracción que caracterizan las principales sustancias de interés.

**EL ANALISIS PETROGRAFICO MEDIANTE SELECTOR ELECTRONICO**

La presente nota tiene por objeto divulgar el procedimiento de análisis petrográfico modal, a imitación del efectuado en Universidades y algunos Centros Geológicos extranjeros, y siguiendo el plan de Snipes y Butler (1962) en su trabajo, aunque restringiéndolo a la determinación de los minerales citados.

Las líneas espectrales por difracción de rayos X constituyen un criterio de primera importancia para la identificación de las especies mineralógicas.

**COMPILACIÓN DE DATOS**

La condición fundamental de este procedimiento es la de tener previamente registrado el espectro de las líneas correspondientes al mineral por identificar. Dada esa condición por satisfecha, puede haber dificultad por la diversidad de apreciación de las líneas por parte de los diferentes autores: conviene por lo tanto, coleccionar todos cuantos espectros hayan sido publicados con relación a la sustancia que se haya de identificar, obtener otros (tanto fotográ-

---

\* Investigador Titular. Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México.

ficos cuanto fotoespectrográficos) medirlos con precaución, hallar la media aritmética de los datos de comparación de que se disponga, y aún criticar los resultados finales en parangón con los cálculos de su forma cuadrática, a partir de las traslaciones elementales determinadas para la red.

Esa tarea resulta muy laboriosa y se ha realizado para algunos de los minerales petrográficos que se exponen en la tabla II, elegidos entre los más importantes y posibles no sólo en rocas eruptivas (representándolos por sus líneas más intensas), sino que también en algunas sedimentarias y metamórficas. Para la formación de esa tabla se han elegido los términos medios de las líneas de entre todos los diagramas publicados que se han podido consultar; otros se han obtenido expresamente cuando se han podido tener a mano los cristales correspondientes, lo suficientemente puros.

No se han incluido en esta tabla todos los minerales petrográficos, por no haber logrado aún los ejemplares suficientemente puros ni su diagrama correspondiente: esta circunstancia habrá de tenerse en cuenta para tales casos particulares, ya que el no detectarlos no es índice de su ausencia.

Aún habida cuenta de las precauciones antes expuestas, para lograr la eficacia de selección confiada a una computadora electrónica, conviene incluir otros factores de dispersión, cuales son el límite de error experimental y las márgenes de selección, cuales se indican en la tabla I, obedeciendo al criterio de Snipes dadas las condiciones de obtención del registro espectrográfico.

TABLA I

Espaciados $d$	Error experimental	Márgenes de selección	Corrección total
$> 12$	$\pm 0.1$	$\pm 0.08$	$\pm 0.18$
10 — 12		.05	.6
7 — 10		.2	.21
6 — 7		.1	.11
5 — 6		.05	.06
4.5 — 5	0.01	.04	.05
3.5 — 4.5		.03	.04
2 — 3.5		.02	.03
$< 2$	0.001	.01	.011

Los datos de la corrección total se presentan en la gráfica de la figura 1.

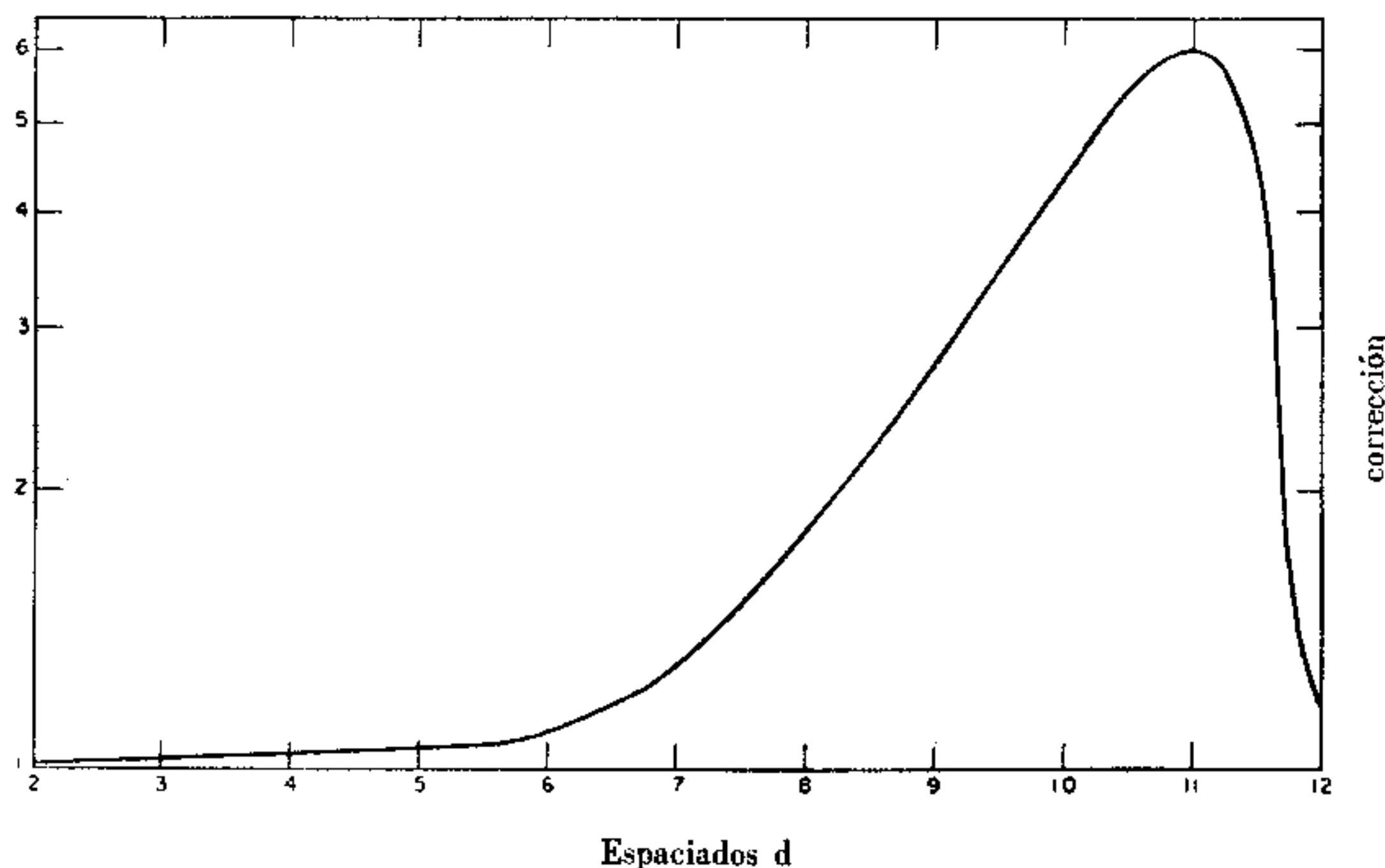


Fig. 1.—Gráfica para la corrección de máximos del diagrama

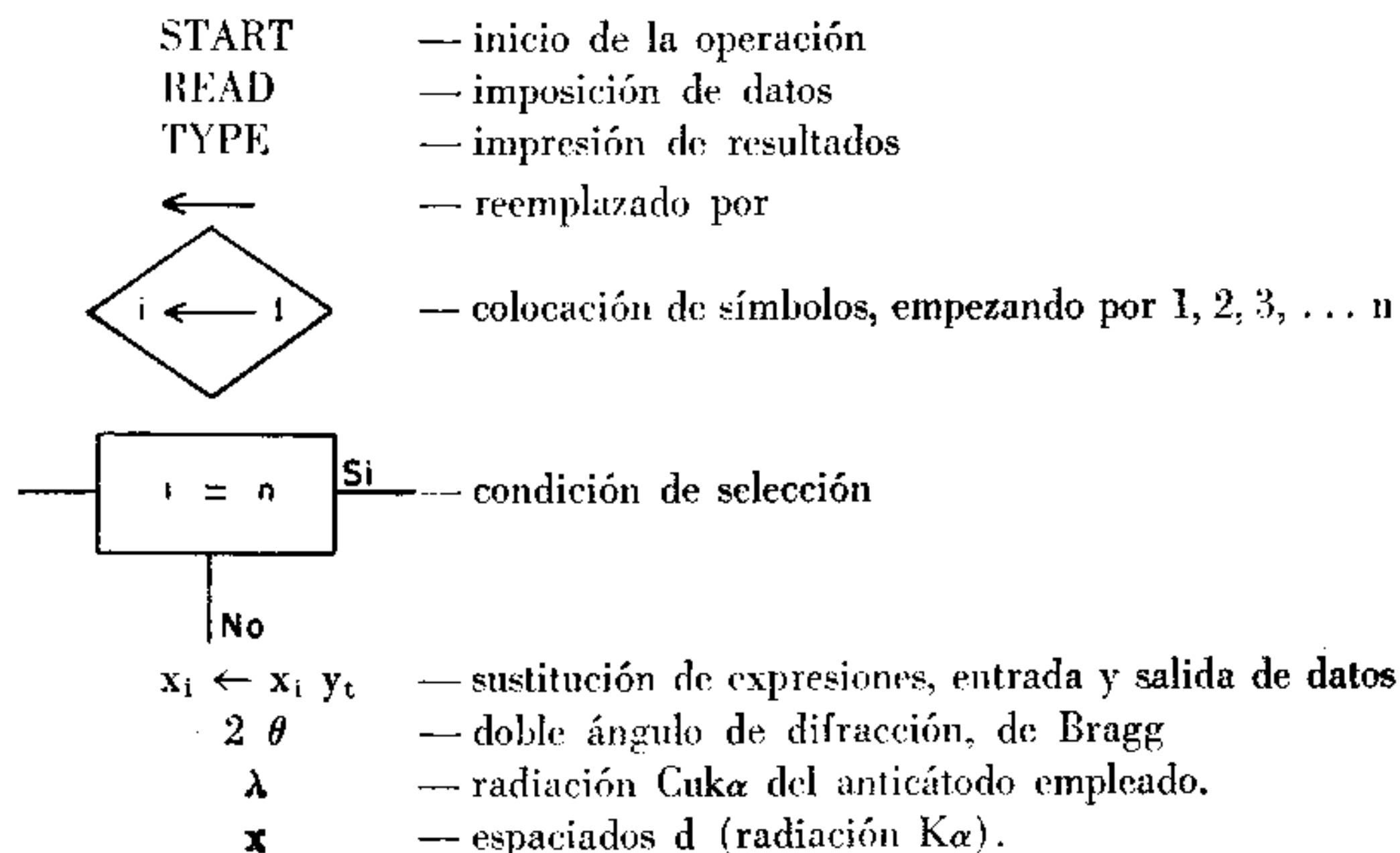
El problema de la identificación es inmediato y de relativa sencillez cuando se trata del diagrama de una sustancia pura; más se complica y pierde seguridad al pretender la identificación de varias sustancias en mezcla polifásica, cual es el caso del análisis de las rocas. En efecto, sus respectivas líneas se superponen complicando la selección; y aún puede haber casos en los que dos o más de ellas se oculten mutuamente. Para facilitar el análisis de una banda espectral en esas condiciones, resulta conveniente el empleo de los modernos selectores electrónicos.

El ocultamiento de líneas constituye una falla del método. Otra puede presentarse en el caso de enfrentarse con algún mineral no previsto. Ambas constituyen dos defectos del procedimiento, imposibles de subsanar.

Como la aplicación que se hace aquí del procedimiento se refiere exclusivamente al análisis de rocas, y se preconiza como auxiliar y guía de los reconocidos como clásicos, no se pretende con él que los llegue a eliminar, sino más bien, a cooperar con ellos. La textura de una roca, imprescindible como criterio de clasificación, es de diagnóstico exclusiva de su observación directa, ya macroscópica, ya en lámina delgada: ciertamente se puede deducir de los componentes hallados, más no siempre se define así con seguridad.

## PLANTEO DEL PROBLEMA A UN SELECTOR ELECTRÓNICO

Dedicando esta nota a personas técnicas por lo común no especializadas en el lenguaje impuesto por las computadoras electrónicas, se indican aquí las convenciones más usuales:



En cuanto al valor señalado por  $2 \theta$ , doble ángulo de Bragg, es la posición que define en un mineral cualquiera la inclinación del plano difractante con respecto al haz de rayos X, según la ecuación

$$2 d \operatorname{sen} \theta = n \lambda$$

que requiere una acomodación para ser utilizada en computadores digitales.

Como los espectros de Debye de las sustancias, que son los datos con los cuales se opera, se acostumbra darlos en función de los espaciados  $d$  (en el lenguaje de la computadora se les llama  $x$ ),

1º, se pueden tener en cuenta varias longitudes de onda  $\lambda$ , para todos los anticátodos posibles; más en la práctica, como el tubo de rayos X más empleado suele ser el de Cu, se limitará a éstos la elección de los  $\lambda$ . Aún así, en el espectro de difracción obtenido suelen registrarse por lo menos las  $\text{CuK}\alpha$  y  $\text{CuK}\beta$ . Ya que los espectros patrones citados en la tabla II se refieren sólo a las líneas  $\text{CuK}\alpha$ , podría crearse cierta confusión. Para evitarla, se pueden discriminar las líneas  $\text{CuK}\beta$  por medio del selector electrónico (técnica de Snipes); empero, se cree más práctico y se ahorran complicaciones,

con recomendar el empleo de un filtro apropiado para la radiación utilizada: en el caso de las radiaciones de cobre, se interpone en el haz entre el tubo y la muestra irradiada, una hojita de aluminio. Aunque con ello se experimenta una disminución de intensidades en la radiación filtrada, se logran casi los mismos efectos al aumentar algo de exposición: en todos los diagramas se considera sólo las líneas  $\text{CuK}\alpha$ ,  $\lambda = 1.54187 \text{ \AA}$ .

2°. el coeficiente  $n$  es el correspondiente al orden del cono de difracción empleado: para simplificar se suele considerar  $n = 1$ , el primer orden.

3°. al despejar  $d$ ,

$$d = \frac{n \lambda}{2 \operatorname{sen} \theta}$$

se pueden leer en el registro fotoespectrométrico los valores  $2 \theta$  directamente sobre la banda del papel registrador y confiar al computador electrónico el cuidado de calcular los espaciados a partir de esos datos. A ese efecto, habría que transformar los ángulos  $\theta$  en radianes.

Más práctico resulta emplear tablas de correspondencia entre los  $2 \theta$  (para el anticátodo empleado) y  $d$ , como ya se usan habitualmente en los laboratorios.

De todos modos, resultará mejor aplicar sobre la banda registradora una escala transparente, que ya dará directamente las lecturas en valores  $d$ , adecuados.

Por otra parte, los valores  $d$  que identifican a cada mineral, ya ponderados en la tabla II, se pasarán a tarjetas perforadas, una para cada una de las especies posiblemente integrantes en la muestra de roca previsto.

En resumen, lo importante es hacer una lista de los valores  $d$  correspondientes a los máximos de difracción de la muestra, que serán los datos de entrada en la máquina, para que los compare con los perforados en las tarjetas anteriores y elija los más convenientes.

#### IDENTIFICACIÓN MINERALÓGICA

Ya con la serie de máximos de difracción a partir de la muestra irradiada, que es la base para las diagnósis de las especies minerales contenidas en ella, se procederá a la determinación analítica mediante el programa esquematizado en la Fig. 2.

En este programa se ha elegido como ejemplo de identificación un mineral cualquiera. El mismo programa se reitera sucesivamente para todas

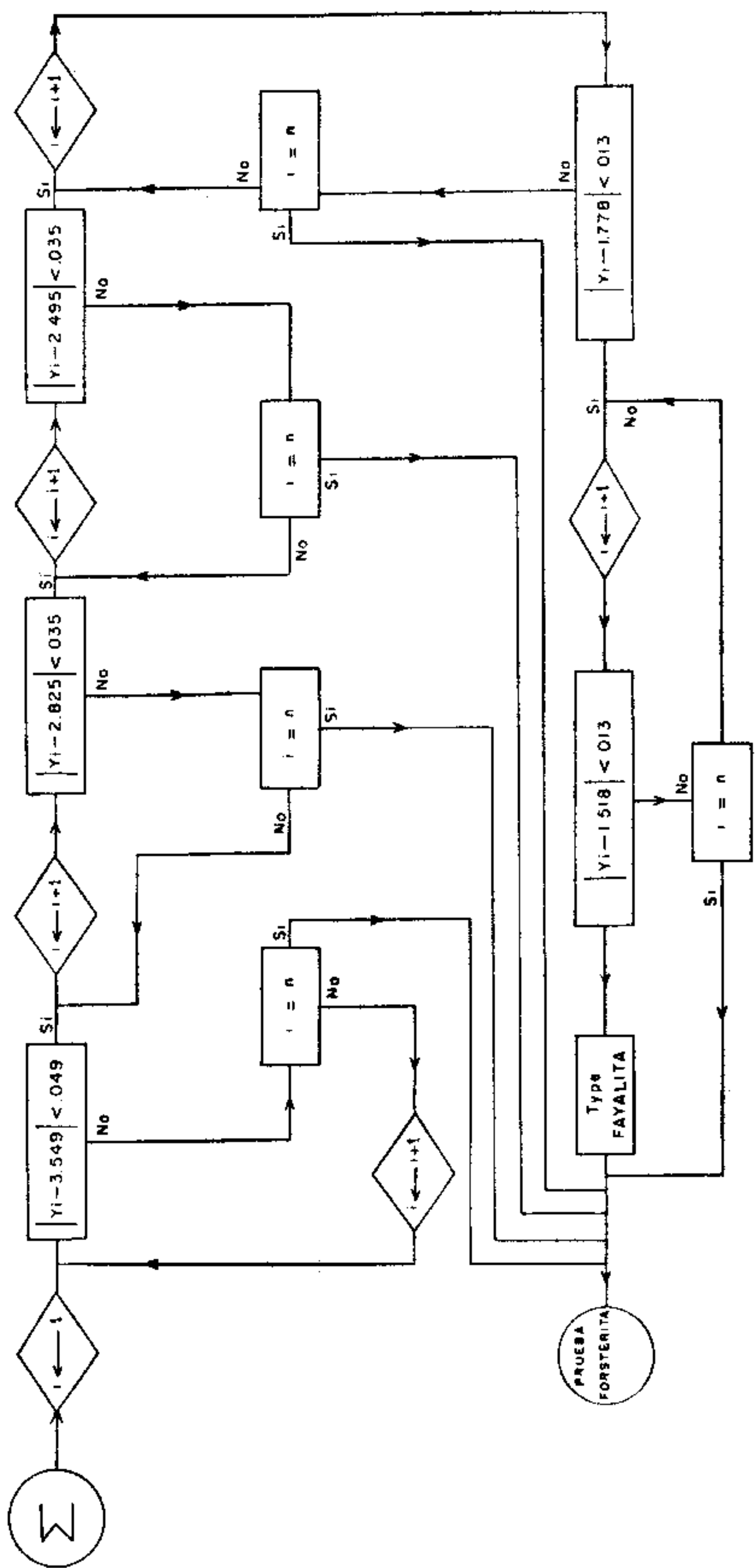


Fig. 2

las especies representadas en las tarjetas perforadas. La selección de cuantos se hallaron como positivos, constituye el resultado del análisis.

### RELACION DE LOS MINERALES MAS FRECUENTES

A continuación se incluye un catálogo de las especies minerales que pueden considerarse en el análisis petrográfico, y de las cuales hay que perforar tarjetas con los datos expuestos (correspondientes a los respectivos espaciados de los máximos de difracción más característicos).

La primera columna de cifras se refiere a la intensidad de las líneas (sobre 10). La segunda a los espaciados  $d$ , y la tercera a los límites de error.

<b>ORO</b>				<b>GRAFITO</b>			
10.	2.356	±	0.034	10.	3.362	±	0.048
7.	2.039	±	0.030	5.	2.033	±	0.03
6.	1.442	±	0.011	8.	1.680	±	0.013
8.	1.229	±	0.010	5.	1.157	±	0.012
5.	0.785	±	0.011				
<b>FLUORITA</b>				<b>CERARGIRITA</b>			
6.	3.161	±	0.039	10.	2.773	±	0.033
10.	1.933	±	0.014	6.	1.962	±	0.012
5.	1.116	±	0.013				
<b>PIRITA</b>				<b>CALAVÉRITA</b>			
7.	2.704	±	0.035	10.	3.06	±	0.070
6.	2.422	±	0.031	8.	2.095	±	0.035
5.	2.211	±	0.030				
10.	1.633	±	0.012				
8.	1.043	±	0.011				
6.	1.006	±	0.015				
5.	0.986	±	0.011				

COOPERITA				MAGNETITA			
10.	3.035	±	0.045	6.	2.965	±	0.035
5.	2.462	±	0.032	10.	2.530	±	0.030
7.	1.917	±	0.012	7.	2.095	±	0.034
6.	1.738	±	0.012	8.	1.613	±	0.013
8.	1.509	±	0.013	9.	1.482	±	0.012
6.	1.236	±	0.011	8.	1.092	±	0.012
HEMATITA				GOETHITA			
10.	2.695	±	0.035	10.	4.191	±	0.059
8.	2.515	±	0.035	8.	2.690	±	0.030
6.	1.840	±	0.014	7.	2.443	±	0.033
7.	1.694	±	0.014	5.	1.718	±	0.012
5.	1.486	±	0.013				
5.	1.455	±	0.015				
GIBBSITA				RUTILO			
10.	4.850	±	0.050	10.	3.242	±	0.032
5.	4.370	±	0.040	5.	2.470	±	0.050
2.	4.320	±	0.040	7.	1.686	±	0.012
2.	2.454	±	0.030				
2.	2.420	±	0.030				
3.	2.388	±	0.030				
ANATASA				BROOKITA			
10.	3.522	±	0.037	10.	3.488	±	0.053
5.	1.895	±	0.015	7.	2.890	±	0.040



CASITERITA

8.	3.355	±	0.045
7.	2.642	±	0.032
10.	1.763	±	0.013
6.	1.673	±	0.012
5.	1.413	±	0.012
5.	1.212	±	0.011

CROMITA

10.	2.510	±	0.030
5.	2.076	±	0.036
6.	1.601	±	0.011
8.	1.466	±	0.017
9.	1.092	±	0.019

ESPINELA

10.	2.435	±	0.035
6.	2.015	±	0.035
6.	1.553	±	0.013
7.	1.428	±	0.012

CALCITA

10.	3.042	±	0.037
5.	2.287	±	0.032
5.	2.097	±	0.032
7.	1.925	±	0.014
6.	1.876	±	0.012

DOLOMITA

10.	2.882	±	0.032
5.	2.189	±	0.032
6.	1.801	±	0.012
6.	1.782	±	0.013

SIDERITA

10.	2.795	±	0.035
8.	1.733	±	0.015

RODOCROSITA

100.	2.340	±	0.030
------	-------	---	-------

YESO

10.	7.560	±	0.210
5.	4.270	±	0.040
6.	3.059	±	0.030

ANHIDRITA

6.	3.870	±	0.040
10.	3.498	±	0.030

APATITA

7.	3.450	±	0.030
7.	3.110	±	0.030
10.	2.820	±	0.030
7.	1.940	±	0.011
7.	1.830	±	0.011
7.	1.240	±	0.011

## SCHEELITA

5.	4.765	±	0.065
10.	3.095	±	0.055
9.	1.930	±	0.012
5.	1.689	±	0.011
9.	1.594	±	0.012
8.	1.250	±	0.012

## BARITITA

6.	3.90	±	0.040
10.	3.442	±	0.030
7.	3.317	±	0.030
9.	3.101	±	0.030
8.	2.120	±	0.030
7.	2.104	±	0.030

## WOLFRAMITA

10.	2.965	±	0.035
10.	2.940	±	0.030
7.	2.480	±	0.030
7.	1.715	±	0.011

## XENOTIMA

10.	3.443	±	0.040
6.	2.558	±	0.003
5.	1.762	±	0.011

## CUARZO

6.	4.254	±	0.046
10.	3.343	±	0.033
5.	1.817	±	0.011
6.	1.325	±	0.015

## CRISTOBALITA

10.	4.150	±	0.080
8.	2.530	±	0.060
6.	1.641	±	0.011
5.	1.460	±	0.011

## ORTOSA

6.	6.44	±	0.011
9.	4.02	±	0.040
8.	3.80	±	0.040
7.	3.33	±	0.030
10.	3.18	±	0.030
7.	3.00	±	0.030
7.	2.93	±	0.030

## DUMORTIERITA

9.	5.89	±	0.060
9.	5.84	±	0.060
9.	5.09	±	0.060
7.	3.450	±	0.030
8.	3.227	±	0.030
9.	2.926	±	0.030
10.	2.529	±	0.030

TALCO

5.	9.3	±	0.210
6.	4.58	±	0.050
10.	2.49	±	0.030
6.	1.53	±	0.011

PIROFILITA

5.	9.32	±	0.390
8.	4.50	±	0.120
10.	3.05	±	0.040
6.	2.54	±	0.050
7.	2.41	±	0.021

GLAUCONITA

10.	10.1	±	0.600
8.	4.53	±	0.050
6.	3.33	±	0.030
10.	2.587	±	0.030
6.	2.396	±	0.030
6.	1.511	±	0.011

DIABANTITA

8.	14.0	±	0.180
10.	7.08	±	0.210
8.	3.541	±	0.040
8.	2.603	±	0.030
7.	2.558	±	0.030
8.	2.458	±	0.030

PENNINITA

8.	14.25	±	0.230
6.	7.14	±	0.26
8.	4.76	±	0.090
8.	3.57	±	0.07
8.	2.86	±	0.05

SHERIDANITA (Clorita)

6.	14.10	±	0.180
7.	7.114	±	0.210
5.	4.750	±	0.050
5.	3.558	±	0.040
10.	2.543	±	0.030
5.	2.442	±	0.030

MUSCOVITA (Mica)

10.	10.025	±	0.105
5.	5.015	±	0.085
10.	3.341	±	0.070
5.	2.585	±	0.033
9.	2.563	±	0.031
6.	2.006	±	0.037

BIOTITA (Mica)

10.	10.1	±	0.600
10.	3.36	±	0.030
8.	2.65	±	0.030
8.	2.45	±	0.030
8.	2.18	±	0.030
8.	2.00	±	0.011
8.	1.67	±	0.011

## FLOGOPITA (Mica)

10.	9.985	±	0.655
10.	3.355	±	0.037
10.	2.619	±	0.035
5.	2.516	±	0.035
6.	2.013	±	0.034
5.	1.536	±	0.013

## MONTMORRILLONITA

10.	15.0	±	0.680
8.	5.075	±	0.135
10.	4.44	±	0.080
10.	3.08	±	0.040
8.	2.60	±	0.040
8.	2.525	±	0.055
6.	1.672	±	0.033

## ILLITA

9.	9.95	±	0.650
5.	4.925	±	0.075
10.	4.47	±	0.050
10.	3.345	±	0.045
10.	2.59	±	0.055
7.	1.500	±	0.012

## SEPIOLITA

5.	14.50	±	0.18
10.	7.16	±	0.21
10.	4.80	±	0.05
6.	4.58	±	0.05
7.	4.51	±	0.05
10.	3.55	±	0.04

## HALLOYSITA (Endellita)

9.	10.1	±	0.600
10.	4.42	±	0.040
9.	3.34	±	0.030
8.	2.56	±	0.030
8.	1.678	±	0.011
9.	1.481	±	0.011

## NACRITA

10.	7.23	±	0.231
7.	4.38	±	0.040
6.	4.12	±	0.040
8.	3.59	±	0.040
6.	2.43	±	0.030
8.	1.489	±	0.011

## DICKITA

10.	7.15	±	0.210
7.	4.124	±	0.050
6.	3.799	±	0.040
10.	3.580	±	0.040
5.	2.510	±	0.030
9.	2.326	±	0.030

## CAOLINITA

10.	7.165	±	0.225
8.	4.465	±	0.065
10.	3.575	±	0.045
8.	2.557	±	0.037
8.	2.502	±	0.030
9.	2.336	±	0.035

**ATTAPULGITA-POLYGORSKITA**

10.	10.500	±	0.600
7.	8.420	±	0.210
7.	4.505	±	0.055
8.	3.255	±	0.055
7.	2.66	±	0.35
6.	2.54	±	0.040

**ANTOFILITA**

5.	8.23	±	0.230
4.	3.655	±	0.035
6.	3.235	±	0.025
10.	3.045	±	0.005
4.	2.540	±	0.020

**HORNBLENDA**

5.	8.450	±	0.210
9.	3.380	±	0.040
7.	3.290	±	0.030
9.	3.090	±	0.030
10.	2.700	±	0.030

**DIOPSIDO**

9.	3.245	±	0.045
10.	2.99	±	0.040
10.	2.525	±	0.035
7.	1.744	±	0.015
10.	1.621	±	0.011
9.	1.420	±	0.011

**AUGITA**

6.	3.20	±	0.030
10.	2.99	±	0.030
7.	2.94	±	0.030
6.	2.86	±	0.030
8.	2.56	±	0.030
8.	2.51	±	0.030
10.	1.62	±	0.011

**ENSTATITA**

10.	3.167	±	0.030
5.	2.941	±	0.030
9.	2.872	±	0.030
5.	2.534	±	0.030
5.	2.494	±	0.030

**HIPERSTENA**

10.	3.20	±	0.030
8.	2.89	±	0.030
5.	2.55	±	0.030
5.	2.48	±	0.030
6.	1.60	±	0.011
8.	1.49	±	0.011

**ANORTOCLASA**

4.	4.099	±	0.047
3.	3.762	±	0.047
10.	3.239	±	0.034
8.	3.208	±	0.034

## CORDIERITA

10.	8.56	±	0.230
8.	4.085	±	0.065
9.	3.405	±	0.055
7.	3.155	±	0.055
9.	3.035	±	0.035
6.	2.645	±	0.035

## RODONITA

6.	3.08	±	0.030
9.	2.97	±	0.030
10.	2.94	±	0.030
8.	2.76	±	0.030
8.	2.60	±	0.030
6.	1.554	±	0.011

## BERILO

9.	7.98	±	0.21
5.	4.60	±	0.050
9.	3.254	±	0.030
10.	2.867	±	0.030

## ZIRCON

5.	4.434	±	0.40
10.	3.302	±	0.030
5.	2.518	±	0.030
4.	1.712	±	0.011

## CLORITOIDE

5.	4.90	±	0.050
10.	4.45	±	0.080
6.	2.965	±	0.035
5.	2.305	±	0.035

## TOPACIO

5.	4.12	±	0.040
7.	3.67	±	0.040
9.	3.20	±	0.030
10.	2.96	±	0.030
7.	2.32	±	0.030
9.	2.07	±	0.030

## FORSTERITA

5.	5.105	±	0.065
7.	3.888	±	0.044
10.	2.769	±	0.021
9.	2.513	±	0.031
8.	2.459	±	0.031
5.	1.750	±	0.011

## FAYALITA

7.	3.549	±	0.049
10.	2.825	±	0.035
9.	2.495	±	0.035
8.	1.778	±	0.013
6.	1.518	±	0.013

SILLIMANITA

7.	5.35	±	0.060
9.	3.41	±	0.030
10.	3.36	±	0.030
8.	2.67	±	0.030
9.	2.53	±	0.030
10.	2.20	±	0.030

ANDALUCITA

7.	5.645	±	0.125
10.	4.555	±	0.105
7.	3.955	±	0.075
6.	3.52	±	0.070
9.	2.78	±	0.060
5.	2.465	±	0.080
9.	2.175	±	0.035

ALMANDINO

4.	2.873	±	0.030
10.	2.569	±	0.030
4.	1.599	±	0.011
5.	1.540	±	0.011

SPESSARTITA

5.	2.90	±	0.030
10.	2.60	±	0.030
5.	1.89	±	0.011
6.	1.61	±	0.011
8.	1.55	±	0.011
6.	1.27	±	0.011
7.	1.08	±	0.011

ALBITA

2.	6.409	±	0.129
2.	4.035	±	0.045
3.	3.766	±	0.054
2.	3.661	±	0.062
3.	3.211	±	0.030
10.	3.186	±	0.021

OLIGOGLASA

6.	6.38	±	0.110
8.	4.03	±	0.040
7.	3.76	±	0.040
6.	3.69	±	0.040
6.	3.66	±	0.040
8.	3.20	±	0.030
10.	3.18	±	0.030
7.	2.93	±	0.030

ANDESINA				LABRADOR			
5.	6.41	±	0.11	4.	4.07	±	0.040
8.	4.04	±	0.040	10.	3.20	±	0.030
5.	3.88	±	0.040	3.	2.53	±	0.030
7.	3.76	±	0.040				
6.	3.72	±	0.040				
7.	3.65	±	0.040				
10.	3.21	±	0.030				
9.	3.18	±	0.030				

ANORTITA				CUPRITA			
6.	4.71	±	0.050	10.	2.465	±	0.030
8.	4.05	±	0.040	4.	2.135	±	0.030
5.	3.93	±	0.040	2.	1.287	±	0.011
8.	3.78	±	0.040				
8.	3.62	±	0.040				
5.	3.46	±	0.030				
6.	3.37	±	0.030				
8.	3.27	±	0.030				
10.	3.21	±	0.030				
9.	3.19	±	0.030				

ENSTATITA				ALUNITA			
4.	3.303	±	0.03	5.	4.965	±	0.075
10.	3.167	±	0.03	4.	3.500	±	0.040
5.	2.941	±	0.03	10.	2.985	±	0.055
9.	2.872	±	0.03	5.	2.265	±	0.055
4.	2.534	±	0.03	6.	1.895	±	0.016
5.	2.494	±	0.03	5.	1.745	±	0.016



LEUCITA

10.	5.370	±	0.100
10.	3.435	±	0.045
10.	3.255	±	0.045
8.	2.905	±	0.055
8.	2.815	±	0.045
6.	2.625	±	0.045
8.	2.356	±	0.034

PEROVSKITA

5.	3.830	±	0.050
10.	2.705	±	0.045
7.	1.918	±	0.020
8.	1.566	±	0.015
5.	1.356	±	0.015
5.	0.907	±	0.011

ILMENITA

5.	3.733	±	0.043
10.	2.745	±	0.035
7.	2.544	±	0.015
5.	1.863	±	0.015
9.	1.725	±	0.012
5.	1.504	±	0.012
5.	1.469	±	0.012

SANIDINO

5.	4.185	±	0.135
8.	3.766	±	0.062
5.	3.456	±	0.033
10.	3.328	±	0.032
6.	3.287	±	0.030
8.	3.234	±	0.041
5.	2.995	±	0.030

SODALITA

2.	6.30	±	0.11
10.	3.63	±	0.044
2.	2.37	±	0.03
3.	2.08	±	0.03

NEFELINA

7.	4.670	±	0.050
6.	4.347	±	0.047
8.	4.125	±	0.095
7.	3.255	±	0.045
10.	2.985	±	0.065
5.	2.860	±	0.050

ALLANITA

4.	3.52	±	0.04
9.	2.92	±	0.03
10.	2.91	±	0.03
5.	2.86	±	0.03
4.	2.68	±	0.03
4.	2.62	±	0.03

ESPINELA

10.	2.435	±	0.035
6.	2.015	±	0.035
6.	1.553	±	0.013
7.	1.427	±	0.012

## MICROCLINA

6.	4.21	±	0.04
5.	3.83	±	0.04
5.	3.48	±	0.03
5.	3.366	±	0.03
10.	3.244	±	0.03
5.	2.964	±	0.03
5.	2.902	±	0.03

## GRUNERITA

8.	8.38	±	0.21
5.	4.65	±	0.05
5.	4.17	±	0.04
5.	3.59	±	0.04
5.	3.48	±	0.03
10.	3.08	±	0.03
10.	2.77	±	0.03
8.	2.64	±	0.03
8.	2.51	±	0.03

## PIROPO (Granate)

6.	2.88	±	0.03
10.	2.58	±	0.03
4.	1.87	±	0.011
6.	1.60	±	0.011
10.	1.54	±	0.011
6.	1.26	±	0.011
7.	1.07	±	0.011

## ESPODUMENA

5.	6.18	±	0.17
6.	4.42	±	0.08
6.	4.245	±	0.075
5.	3.47	±	0.05
10.	2.945	±	0.045
10.	2.85	±	0.05
6.	2.75	±	0.08

## TREMOLITA

10.	8.37	±	0.21
2.	4.002	±	0.04
8.	3.106	±	0.03
2.	2.792	±	0.03

## RIEBECKITA

10.	8.42	±	0.21
6.	3.13	±	0.03
3.	2.72	±	0.03

## WOLLASTONITA

8.	3.83	±	0.04
8.	3.52	±	0.04
8.	3.31	±	0.03
10.	2.97	±	0.03
6.	2.47	±	0.03
6.	2.18	±	0.03

## ACTINOLITA

7.	8.42	±	0.21
7.	3.38	±	0.03
6.	3.27	±	0.03
8.	3.11	±	0.03
6.	2.94	±	0.03
10.	2.71	±	0.03
6.	2.53	±	0.03

CUMMINGTONITA

7.	8.38	±	0.21
5.	4.54	±	0.05
6.	3.87	±	0.04
6.	3.45	±	0.03
6.	3.26	±	0.03
8.	3.07	±	0.03
6.	2.99	±	0.03
10.	2.75	±	0.03

NEFRITA

5.	8.820	±	0.40
6.	3.840	±	0.09
6.	3.120	±	0.04
10.	2.735	±	0.045
6.	2.635	±	0.055
7.	2.555	±	0.035
8.	2.520	±	0.06

GROSSULARITA (Granate)

8.	2.96	±	0.03
10.	2.65	±	0.03
6.	2.44	±	0.03
5.	2.33	±	0.03
6.	2.16	±	0.03
7.	1.92	±	0.011
9.	1.58	±	0.011

GLAUCONITA

10.	10.1	±	0.21
8.	4.53	±	0.05
6.	3.33	±	0.03
10.	2.587	±	0.03
6.	2.396	±	0.03
6.	1.511	±	0.011

VESUBIANITA

6.	3.04	±	0.03
6.	2.93	±	0.03
10.	2.74	±	0.03
8.	2.59	±	0.03
7.	2.45	±	0.03
6.	2.12	±	0.03

ANTIGORITA

10.	7.29	±	0.22
8.	3.62	±	0.06
9.	7.515	±	0.035
5.	2.169	±	0.032
5.	1.557	±	0.014

ANALCIMA

8.	5.61	±	0.06
10.	3.429	±	0.031
8.	2.927	±	0.032
5.	2.694	±	0.032
5.	2.505	±	0.031
6.	1.743	±	0.012

ESTILBITA

9.	9.100	±	0.210
7.	4.680	±	0.060
10.	4.080	±	0.050
5.	3.410	±	0.030
5.	3.200	±	0.030
7.	3.030	±	0.030

## CHABASITA

7.	9.50	±	0.21
9.	4.35	±	0.04
5.	3.61	±	0.04
10.	2.95	±	0.03

## NATROLITA

5.	6.6	±	0.11
6.	5.9	±	0.06
6.	4.38	±	0.04
5.	3.16	±	0.03
5.	2.94	±	0.03
10.	2.86	±	0.03

## SEPIOLITA

5.	14.5	±	0.18
10.	7.16	±	0.21
10.	4.80	±	0.05
6.	4.58	±	0.05
7.	4.51	±	0.05
10.	3.55	±	0.04

## PREHNITA

9.	3.48	±	0.03
6.	3.28	±	0.03
10.	3.08	±	0.03
10.	2.55	±	0.03
7.	1.77	±	0.011

## AUGITA

6.	3.20	±	0.03
10.	2.99	±	0.03
7.	2.94	±	0.03
6.	2.86	±	0.03
8.	2.56	±	0.03
8.	2.51	±	0.03
10.	1.62	±	0.011
10.	1.43	±	0.011

## TRIDIMITA

5.	4.8	±	0.05
10.	4.34	±	0.09
9.	3.77	±	0.08
7.	2.48	±	0.04
5.	2.285	±	0.035
5.	1.97	±	0.011
7.	1.685	±	0.016
6.	1.53	±	0.011