

Mineralogía de rocas lamproíticas asociadas a diapiros triásicos al noreste de Murcia. II. Análisis estadístico

Miguel Angel Mancheño Jiménez* y José María Ruiz Gómez**

* Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Químicas y Matemáticas, Universidad de Murcia

** Departamento de Matemáticas y Estadística, Facultad de Ciencias Químicas y Matemáticas, Universidad de Murcia

Recibido: 20-12-86

Aceptado: 26-2-87

Mineralogy of the lamproitic rocks associated to triassic diapiric materials in northern Murcia province. II. Statistical analysis

Summary. An statistical study based on chemical components from the four outcrops of lamproitic rocks and correspondent loose materials from Jumilla (Murcia province) is carried out in this work. Our results confirm that whole materials are chemically homogeneous. By means of the t-Student statistic we note significative differences essentially in SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , and K_2O contents between these volcanic outcrops. Also, they are direct lineal correlations in rocks for NiO-MgO and inverse lineal correlations for $\text{Na}_2\text{O-K}_2\text{O}$ and CaO-MgO components. In loose materials exists a lineal correlation principally for Fe_2O_3 -MnO. These results are congruent with the magmatic evolution proposed for the ultrapotassic rocks in this region by Venturelli et al. (1984).

Keywords: Ultrapotassic rocks, statistical study, Murcia province.

INTRODUCCIÓN

Tras la descripción mineralógica realizada en un trabajo anterior (Mancheño et al.; este volumen) sobre las lamproitas del noreste de Murcia, se efectúa un estudio estadístico de los datos obtenidos por análisis químico de la roca compacta y del material desagregado procedente de ella, a fin de obtener posibles relaciones entre esos materiales así como entre los diferentes afloramientos muestreados.

La aplicación del análisis de la varianza simple, método de las comparaciones parciales de Tuckey, y de Student y correlación simple, ponen de manifiesto la utilidad de estas técnicas en el campo de la Geología, hecho corroborado en diferentes trabajos como el que realizara Namyslowska-Wilczynska (1986) en los depósitos de cobre de Lubin (sureste de Polonia), entre otros.

MÉTODOS DE ESTUDIO

El tratamiento estadístico de los datos ha consistido:

1) Estudio descriptivo de los datos del análisis químico de la roca lamproítica y del material desagregado procedente de ella, obteniéndose la media, desviación típica y error de la media de cada componente.

2) Análisis de la varianza simple para comparar las concentraciones medias de cada componente entre diapiros, tanto en roca compacta como en material desagregado.

Se completa dicho análisis, cuando resulta estadísticamente significativo, con la comparación de cada dos diapirós mediante el método de las comparaciones parciales de Tuckey.

3) Dentro de cada diapiro se compara, mediante el esta-

TABLA 1
Descripción estadística del diapiro de «El Morrón»

	Roca			Material desagregado		
	\bar{X}	S	EM	\bar{X}	S	EM
SiO ₂	52'787	0'9667	0'3057	49'424	2'5392	0'8029
TiO ₂	1'886	0'2937	0'0929	1'356	0'2165	0'0684
Al ₂ O ₃	7'731	1'3178	0'4167	7'030	1'4257	0'4508
Fe ₂ O ₃	6'081	0'9679	0'3061	5'332	0'8744	0'2765
MnO	0'140	0'0333	0'0105	0'096	0'0295	0'0093
NiO	0'094	0'0184	0'0058	0'104	0'0227	0'0072
MgO	7'752	0'9910	0'3134	7'930	1'2904	0'4081
CaO	5'606	0'5475	0'1731	5'914	0'8488	0'2684
BaO	0'476	0'0837	0'0264	0'356	0'0564	0'0178
SrO	0'869	0'3526	0'1115	1'148	0'5060	0'1600
Na ₂ O	2'259	0'3297	0'1042	2'110	0'1796	0'0568
K ₂ O	11.267	1'0746	0'3313	9'410	1'6234	0'5133

TABLA 2
Descripción estadística del diapiro de La Celia I

	Roca			Material desagregado		
	\bar{X}	S	EM	\bar{X}	S	EM
SiO ₂	48'585	2'8698	0'8653	47'022	4'5353	1'3674
TiO ₂	1'649	0'3590	0'1082	1'026	0'4108	0'1238
Al ₂ O ₃	7'672	0'5596	0'1687	6'450	0'8152	0'2458
Fe ₂ O ₃	5'986	0'6541	0'1972	5'411	0'9921	0'2991
MnO	0'104	0'0121	0'0036	0'115	0'0367	0'0111
NiO	0'118	0'0125	0'0037	0'120	0'0200	0'0060
MgO	9'903	3'4920	1'0528	8'239	2'5733	0'7759
CaO	7'169	1'8580	0'5602	9'761	4'1335	1'2463
BaO	0'553	0'0759	0'0229	0'472	0'1731	0'0521
SrO	0'957	0'2739	0'0826	1'043	0'3159	0'0952
Na ₂ O	1'725	0'5745	0'1732	1'226	0'7079	0'2134
K ₂ O	8'995	2'2700	0'6844	5'918	2'8323	0'8539

\bar{X} : Media muestral. S: Desviación típica muestral. EM: Error de la media.

TABLA 3
Descripción estadística del diapiro de La Celia I interior

	Roca			Material desagregado		
	\bar{X}	S	EM	\bar{X}	S	EM
SiO ₂	49'225	1'5087	0'6159	41'710	6'2927	2'5689
TiO ₂	1'885	0'3863	0'1577	1'090	0'3132	0'1278
Al ₂ O ₃	7'290	0'3365	0'1374	6'438	0'7639	0'3118
Fe ₂ O ₃	6'125	0'3674	0'1499	5'115	0'8829	0'3604
MnO	0'108	0'0183	0'0075	0'100	0'0167	0'0068
NiO	0'101	0'0075	0'0031	0'095	0'0472	0'0192
MgO	8'843	1'6919	0'6907	6'793	4'1853	1'7086
CaO	6'033	0'5391	0'2201	11'870	6'6101	2'6985
BaO	0'566	0'1187	0'0484	1'388	2'1564	0'8803
SrO	1'008	0'2636	0'1076	1'358	0'3806	0'1554
Na ₂ O	2'788	1'3302	0'5430	1'671	1'1632	0'4749
K ₂ O	11'265	1'5109	0'6168	7'895	2'7631	1'1280

TABLA 4
Descripción estadística del diapiro de La Celia II

	Roca			Material desagregado		
	\bar{X}	S	EM	\bar{X}	S	EM
SiO ₂	53'062	0'9061	0'4052	40'660	4'5790	2'0478
TiO ₂	1'688	0'4102	0'1834	0'886	0'2142	0'0958
Al ₂ O ₃	7'984	0'3508	0'1569	6'466	0'6544	0'2926
Fe ₂ O ₃	5'936	0'5443	0'2434	4'974	0'5873	0'2626
MnO	0'106	0'0181	0'0081	0'068	0'0130	0'0058
NiO	0'112	0'0109	0'0049	0'092	0'0083	0'0037
MgO	8'974	0'6096	0'2726	7'716	0'4686	0'2095
CaO	4'266	0'8319	0'3720	10'764	4'0590	1'8152
BaO	0'502	0'0668	0'0299	0'422	0'0164	0'0073
SrO	0'960	0'4273	0'1911	11'580	0'5750	0'2570
Na ₂ O	2'096	0'2411	0'1078	1'472	0'2875	0'1285
K ₂ O	8'660	0'8405	0'3759	5'722	2'3531	1'0523

dístico t de Student, las concentraciones de cada componente en roca y material desagregado.

4) Estudio de la correlación simple entre los componentes de cada diapiro.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

1) DESCRIPCIÓN ESTADÍSTICA DE LOS DIAPIROS

En las tablas 1, 2, 3 y 4 se muestran la media muestral, desviación típica muestral y error de la media de los diapiros estudiados.

2) ANÁLISIS DE LA VARIANZA

A) Muestras de roca

La tabla 5 nos indica que existe una diferencia bastante significativa entre las concentraciones de NiO al menos en dos diapiros.

Comparando cada dos diapiros entre sí por el método de las comparaciones parciales de Tuckey, se encuentra que la concentración de NiO en el diapiro de El Morrón es estadísticamente inferior a la de La Celia I, La Celia I interior y La Celia II. Por lo tanto, se pueden considerar homogéneos en el contenido en NiO los tres últimos diapiros.

TABLA 5 Tabla de anova simple correspondiente al estudio de NiO en roca en los distintos diapiros estudiados

F.V.	S.C.	G.L.	Varianzas	F. de Snedecor	S.E.
Diapiros	$Q_1=0'0029$	3	0'00099	6'0491	$P<0'01$
Error	$Q_0=0'0032$	20	0'00016		

F.V.: Fuente de variación. S.C.: Suma de cuadrados. G.L.: Grados de libertad. S.E.: Significación estadística.

TABLA 6
Tabla de anova simple correspondiente al estudio de CaO en roca en los distintos diapiros estudiados

F.V.	S.C.	G.L.	Varianzas	F. de Snedecor	S.E.
Diapiros	$Q_1=31'6185$	3	10'5395	6'1795	$P<0'01$
Error	$Q_0=34'1108$	20	1'7055		

Tabla de comparaciones por Tuckey

Comparación de diapiros	t	S.E.
El Morrón-La Celia I	4'0249	P<0'01
El Morrón-La Celia I inter.	2'6843	P<0'05
El Morrón-La Celia II	2'8788	P<0'05

La tabla 6 nos indica que existe una diferencia bastante significativa entre las concentraciones de CaO al menos en dos diapiros.

Comparando cada dos diapiros entre sí, se obtiene que la concentración de CaO en La Celia II es estadísticamente inferior a las de Celia I, Celia I interior y El Morrón. Por lo tanto se pueden considerar homogéneos en el contenido en CaO los tres últimos diapiros.

Cuadro de comparación por Tuckey

Comparación de diapiros	t	S.E.
Celia II-El Morrón	3'2176	P<0'01
Celia II-Celia I	3'2003	P<0'01
Celia II-Celia I inter.	4'6319	P<0'001

El estudio del análisis de la varianza para SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, MnO, Fe₂O₃, MgO, BaO, SrO, Na₂O y K₂O nos indican que los cuatro diapiros se pueden considerar homogéneos en cuanto al contenido de los componentes anteriormente citados.

B) Material desagregado

La tabla 7 nos indica que existe una diferencia significativa

entre las concentraciones de SiO₂ al menos en dos diapiros.

Comparando cada dos diapiros entre sí, se obtiene que la concentración de SiO₂ en el diapiro de El Morrón es estadísticamente superior al de La Celia II, no existiendo diferencias entre los demás.

Cuadro de comparación por Tuckey

Comparación de diapiros	t	S.E.
El Morrón-La Celia II	3'7440	P<0'01

La tabla 8 nos indica que existe una diferencia bastante significativa entre las concentraciones de NiO al menos en dos diapiros.

Comparando cada dos diapiros entre sí se obtiene que la concentración de NiO en La Celia II es estadísticamente inferior a las de La Celia I y La Celia I interior.

Cuadro de comparaciones por Tuckey

Comparación de diapiros	t	S.E.
La Celia II-La Celia I	3'5777	P<0'01
La Celia II-La Celia I Int.	4'0166	P<0'01

La tabla 9 nos indica que existe una diferencia muy significativa entre las concentraciones de BaO al menos en dos diapiros.

Comparando cada dos diapiros entre sí, se obtiene que las concentraciones de BaO en los diapiros de La Celia I y La Celia I interior son estadísticamente superiores a las de La Celia II y El Morrón.

TABLA 7

Tabla de anova simple correspondiente al estudio de SiO₂ en material desagregado en los distintos diapiros estudiados

F.V.	S.C.	G.L.	Varianzas	F. de Snedecor	S.E.
Diapiros	Q ₁ =284'22	3	94'74	3'6068	P<0'05
Error	Q ₀ =420'26	16	26'26		

TABLA 8

Tabla de anova simple correspondiente al estudio de NiO en material desagregado en los distintos diapiros estudiados

F.V.	S.C.	G.L.	Varianzas	F. de Snedecor	S.E.
Diapiros	Q ₁ =0'0034	3	0'0011	5'2946	P<0'01
Error	Q ₀ =0'0034	16	0'0002		

TABLA 9
Tabla de anova simple correspondiente al estudio de BaO en material desagregado en los distintos diapiros estudiados

F.V.	S.C.	G.L.	Varianzas	F. de Snedecor	S.E.
Diapiros	$Q_1=0'0736$	3	0'0245	14'2260	$P<0'001$
Error	$Q_0=0'0276$	16	0'0017		

TABLA 10
Tabla de anova simple correspondiente al estudio de K_2O en material desagregado en los distintos diapiros estudiados

F.V.	S.C.	G.L.	Varianzas	F. de Snedecor	S.E.
Diapiros	$Q_1=48'239$	3	16'0796	3'3655	$P<0'05$
Error	$Q_0=76'443$	16	4'7777		

Cuadro de comparación por Tuckey

Comparación de diapiros	t	S.E.
Celia I-El Morrón	5'2639	$P<0'001$
Celia I-Celia II	3'0157	$P<0'05$
Celia I int.-El Morrón	5'0596	$P<0'001$
Celia I int.-Celia II	2'7692	$P<0'005$

La tabla 10 nos indica que existe una diferencia significativa entre las concentraciones de K_2O al menos en dos diapiros.

Comparando cada dos diapiros entre sí se obtiene que la concentración de K_2O en el diapiro de El Morrón es estadísticamente superior a las de La Celia I y La Celia II.

Cuadro de comparación por Tuckey

Comparación de diapiros	t	S.E.
El Morrón-La Celia I	2'5156	$P<0'05$
El Morrón-La Celia II	4'2894	$P<0'01$

3) COMPARACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES EN ROCA Y MATERIAL DESAGREGADO MEDIANTE EL ESTADÍSTICO t DE STUDENT

La tabla 11 nos indica que no existe diferencia significativa entre las concentraciones de Al_2O_3 en roca y material desagregado en el diapiro de El Morrón. Lo mismo ocurre para el Fe_2O_3 , NiO, MgO, CaO, SrO y Na_2O .

Para SiO_2 existe una diferencia bastante significativa entre la media de concentración en roca y en material desagregado.

Lo mismo ocurre para MnO, BaO y K_2O ; sin embargo, para TiO_2 la diferencia es muy significativa. En todos los casos la media en roca es superior a la media en material desagregado.

La tabla 12 nos indica que no existe diferencia significativa entre la media de concentración en roca y el material desagregado en SiO_2 , Fe_2O_3 , MnO, NiO, MgO, CaO, BaO, SrO y Na_2O en el diapiro de La Celia I, mientras que para K_2O existe una diferencia significativa y para Al_2O_3 es muy significativa. En todos los casos en que hay diferencia, la media de concentración en roca es superior a la del material desagregado.

La tabla 13 nos indica que no existe diferencia significativa en la media de concentración en roca y material desagregado en MnO, NiO, MgO, CaO, BaO, SrO y Na_2O en el diapiro de La Celia I interior. Existe diferencia significativa para SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 y K_2O , mientras que la diferencia es bastante significativa para TiO_2 . En todos los casos en que hay diferencia, la media de concentración en roca es superior a la del material desagregado.

La tabla 14 nos indica que no existe diferencia significativa entre la media de concentración en roca y el material desagregado para SrO en el diapiro de La Celia II. Existe diferencia significativa para Fe_2O_3 , NiO, BaO y K_2O ; diferencia bastante significativa para TiO_2 , Al_2O_3 , MnO, MgO, CaO y Na_2O y muy significativas para SiO_2 . En todos los casos en que hay diferencia, la media de concentración en roca es superior a la del material desagregado, salvo en CaO.

4) ANÁLISIS DE CORRELACIÓN SIMPLE

Los resultados de dichos análisis quedan reflejados en la tabla 15.

Tras los resultados expuestos podemos concluir que:

TABLAS 11, 12, 13 y 14
Comparación de las concentraciones en roca y material desagregado mediante el estadístico t de Student

11) Diapiro de El Morrón			12) Diapiro de La Celia I		
	t	S.E.		t	S.E.
SiO ₂	3'9137	P<0'01	SiO ₂	0'9657	N.S.
TiO ₂	4'5936	P<0'001	TiO ₂	3'7832	P<0'01
Al ₂ O ₃	1'1417	N.S.	Al ₂ O ₃	4'0978	P<0'001
Fe ₂ O ₃	1'8157	N.S.	Fe ₂ O ₃	1'6035	N.S.
MnO	3'1251	P<0'01	MnO	0'9359	N.S.
NiO	1'0825	N.S.	NiO	0'2556	N.S.
MgO	0'3459	N.S.	MgO	1'2725	N.S.
CaO	0'9643	N.S.	CaO	1'8966	N.S.
BaO	3'7598	P<0'01	BaO	1'4192	N.S.
SrO	1'4298	N.S.	SrO	0'6850	N.S.
Na ₂ O	1'2548	N.S.	Na ₂ O	1'8155	N.S.
K ₂ O	3'0162	P<0'01	K ₂ O	2'8117	P<0'05

13) Diapiro de La Celia I int.			14) Diapiro de La Celia II		
	t	S.E.		t	S.E.
SiO ₂	2'8446	P<0'05	SiO ₂	5'9403	P<0'001
TiO ₂	3'9154	P<0'01	TiO ₂	3'8753	P<0'01
Al ₂ O ₃	2'4992	P<0'05	Al ₂ O ₃	4'5710	P<0'01
Fe ₂ O ₃	2'5870	P<0'05	Fe ₂ O ₃	2'6863	P<0'05
MnO	0'8219	N.S.	MnO	3'7999	P<0'01
NiO	0'3414	N.S.	NiO	3'2444	P<0'05
MgO	1'1123	N.S.	MgO	3'6581	P<0'01
CaO	2'1557	N.S.	CaO	3'5067	P<0'01
BaO	0'9319	N.S.	BaO	2'5282	P<0'05
SrO	1'8517	N.S.	SrO	0'6616	N.S.
Na ₂ O	1'5478	N.S.	Na ₂ O	3'9465	P<0'01
K ₂ O	2'6211	P<0'05	K ₂ O	2'8987	P<0'05

S.E.: Significación estadística. N.S.: No significativa.

—Las lamproitas de los diapiros de El Morrón, La Celia I y La Celia II son homogéneas en su composición química salvo en NiO y CaO.

—El material desagregado de estas rocas es homogéneo en su quimismo salvo en SiO₂, BaO y K₂O.

—Al comparar la media de las concentraciones en roca y en material desagregado mediante el estadístico t de Student se ve que existen diferencias significativas para diversos componentes, como son SiO₂, TiO₂, Al₂O₃ y K₂O, entre otros.

Estos resultados son compatibles con episodios tardíos que han modificado ligeramente el quimismo de la roca.

—Los análisis de correlación simple ponen de manifiesto relaciones lineales directas significativas para las muestras

de roca, entre NiO y MgO; inversas bastante significativas entre MgO y CaO y entre K₂O y Na₂O. Para el material desagregado, relaciones directas significativas entre Fe₂O₃ y MnO y entre MgO y NiO.

Todos estos hechos son comunes en las rocas ultrapotásicas de filiación orendítica (Venturelli et al., 1984), como las aquí estudiadas.

Finalmente, confirmar que los cuatro afloramientos estudiados tienen un origen común y que las pequeñas variaciones observadas entre ellos (tanto en roca como en material desagregado) se deben a un mayor o menor grado de alteración o a procesos tardíos que modifican parcialmente su composición.

TABLA 15
Análisis de correlación simple

Diapiro	Roca		Material desagregado	
	Ecuación	c.c.	Ecuación	c.c.
El Morrón	$Y_{MgO} = 3'60 + 44'11x_{NiO}$	0'8181*	$Y_{MgO} = 3'72 + 40'43x_{NiO}$	0'7114**
			$Y_{Fe_2O_3} = 3'52 + 18'85x_{MnO}$	0'6362**
	$Y_{Fe_2O_3} = 1'52 + 42'69x_{MnO}$	0'7922*	$Y_{Fe_2O_3} = 3'36 + 17'73x_{MnO}$	0'6559**
La Celia I	$Y_{MgO} = -16'62 + 224'45x_{NiO}$	0'8030*		
	$Y_{CaO} = 10'98 - 0'3851x_{MgO}$	-0'7236**		
=	$Y_{K_2O} = 14'59 - 3'24x_{Na_2O}$	-0'8208*		
La Celia I interior	$Y_{BaO} = 0'19 + 0'36x_{SrO}$	0'8090**	$Y_{Fe_2O_3} = 0'43 + 46'86x_{MnO}$	0'8880**
			$Y_{MgO} = -0'05 + 72'03x_{NiO}$	0'8127**
La Celia II	No se han encontrado correlaciones significativas entre sus componentes.			

c.c.: coeficiente de correlación. *: $p < 0'01$. **: $p < 0'05$.

BIBLIOGRAFÍA

- DOMENECH I MASSONS, J. M.: «Bioestadística. Métodos estadísticos para investigadores». Ed. Herder. Barcelona. 1977.
- MANCHEÑO, M. A.; FERNÁNDEZ TAPIA, M. T. y ARANA, R.: «Mineralogía de rocas lamproíticas asociadas a diapiros triásicos al noreste de Murcia. I. Características generales». Este volumen.
- NAMYSŁOWSKA, B.-WILCZYŃSKA: «Analysis of variance in investigations on anisotropy of Cu ore deposits». Mineral. Deposita 21, 253-262 (1986).
- VENTURELLI, G.; CAPEDEI, S.; DI BATISTINI, G.; CRAWFORD, A. J.; KOGARKO, L. N. y CELESTINI S.: «The ultrapotassic rocks from southeastern Spain». Lithos 17, 37-54 (1984).

1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025