

ALGUNOS ASPECTOS DE LOS BASALTOS Y ANDESITAS CUATERNARIOS DE MICHOACAN ORIENTAL

Luis Silva Mora*

RESUMEN

La dinámica eruptiva cuaternaria en Michoacán nororiental (basaltos y andesitas) permite identificar dos tipos de eventos. El primero, que es muy extenso, está representado por conos escoriaceos y derrames; el segundo, que es más local (region de Valle de Santiago), esta formado por cráteres de explosión como xalapascos o maars.

Cualitativamente, la mineralogía de las rocas presentes es homogénea y esta formada por plagioclasas, olivino, ortopiroxeno, clinopiroxeno y óxidos de Fe-Ti. Estas últimas poseen una estructura microscópica variable que se traduce en una gran variedad petrográfica en el interior de estas lavas.

Su contenido en elementos mayores indica el predominio de los términos básicos, permitiendo identificar tres grupos que cuentan con un carácter químico de 50-58%, 48-55% y 56% de SiO₂, aspecto que concuerda con la variabilidad petrográfica definida, siendo los dos primeros grupos más abundantes en el terreno.

Estas lavas en conjunto tienen un carácter químico de naturaleza aluminosa (Al₂O₃ = 16-17%) y poseen un contenido de titanio relativamente alto (1.19% en promedio). Desde el punto de vista normativo, la mayoría de las lavas se localiza en el campo de las rocas saturadas y sobresaturadas. Los términos básicos, SiO₂ 53%, son saturados o subsaturados, lo cual podría atribuirse parcialmente, al método convencional utilizado para el cálculo de la norma C.I.P.W. o a la fijación del Fe₂O₃ = 1.5%.

El estudio de las características petrográficas y químicas principales de los basaltos y andesitas cuaternarias permite definir cierta evolución y poner en evidencia sus relaciones genéticas, estimando en los casos favorables las condiciones de su cristalización.

ABSTRACT

The Quaternary eruptive dynamics from northeastern Michoacan allowed the identification of two types of events. The first one is widespread and it is represented by cinder cones and flows; the second one was found to have a local distribution (Valle de Santiago region) and it is characterized by the presence of explosion craters Xalapascos or maars.

The rock mineralogy is essentially homogeneous. It is constituted by plagioclase, olivine, orthopyroxene, clinopyroxene and oxides of Fe-Ti. These lavas exhibit a variable microscopic texture that led to the large petrographic diversity in these rocks.

Major elements show the predominance of basic terms, which has permitted the identification of three groups with a chemical character as follows: 50-58%, 48-55%, and 56% of SiO₂. This aspect agrees with the petrographic variability defined herein; the two first terms are the most abundant in the field.

The volcanic rock discussed in this paper generally display an aluminous nature (Al₂O₃ = 16-17%), and a relative richness in titanium (1.19% average). Considering the normative point of view, most of these lavas plot in the saturated and oversaturated fields, the basic members (SiO₂ 53%) are saturated and undersaturated, and this could be the result of the conventional method use for the calculations of the C.I.P.W. norm or to the adjustment of Fe₂O₃ = 1.5%.

The analysis of the petrographic and chemical characteristics of the Quaternary basalts and andesites from northeastern Michoacan defines an evolutionary trend and establishes their genetic relations. Finally, the crystallization conditions were calculated for adequate cases.

INTRODUCCION

Los volcanes representan el paisaje mexicano típico; pero hasta ahora la importancia geológica que se le ha dado al volcanismo es mínima, no obstante que un 60% de la superficie territoriales de naturaleza ígnea. Recientemente, debido a las perspectivas económicas involucradas con este fenómeno geológico (uranio, geotermia), su estudio ha cobrado gran importancia en México y ha permitido la realización de trabajos sistemáticos encaminados a conocer el problema genético de las rocas volcánicas, en este caso particular, el del Eje Neovolcánico Transmexicano.

El dinamismo eruptivo durante el Cuaternario, en la re-

gión nororiental del Estado de Michoacán (Figura 1), permitió identificar la existencia de dos tipos de volcanismo. El primero está representado por numerosos volcanes pequeños y es el más disperso; mientras que el segundo es más local (región de Valle de Santiago) y esta representado por cráteres de explosión como maars o xalapascos.

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS GENERALES

Las rocas cuaternarias de Michoacán nororiental (Figura 1) se pueden agrupar en dos conjuntos: el primero, tema de este artículo, esta formado por basaltos y andesitas; el segundo esta constituido por riolitas y dacitas. El establecimiento de una cronología relativa entre estos dos conjuntos resulta difícil, pues se intercalan en el tiempo o son contemporaneos (Silva-Mora, 1979).

* Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria Delegación Coyoacán 04510 México D. F.

Tabla 1.- Basaltos y andesitas cuaternarias. La localización de las muestras esta dada en el Apéndice.

Nº Muest.	817	406	381	382	596	471	383	670	396	402	407	339	379	391	815	337	
SiO ₂	48.18	51.00	51.32	51.47	52.19	52.77	53.03	53.40	53.72	54.17	54.31	54.44	54.83	55.02	55.05	55.76	
Al ₂ O ₃	17.12	17.87	15.92	16.35	18.27	16.80	16.12	17.47	17.34	16.06	18.22	15.99	15.51	15.62	16.75	17.06	
Fe ₂ O ₃	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.23	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	
FeO	9.00	7.99	7.15	6.78	6.96	7.47	7.85	7.66	7.91	7.37	5.91	7.60	8.11	6.27	6.36	6.38	
MnO	0.19	0.13	0.15	0.19	0.15	0.14	0.18	0.16	0.13	0.16	0.14	0.16	0.16	0.13	0.13	0.12	
MgO	5.11	4.87	6.64	6.33	4.29	7.01	5.35	4.12	3.39	4.25	4.13	4.19	4.59	6.44	4.28	5.27	
CaO	7.29	9.89	8.75	9.12	7.48	7.81	7.37	6.86	7.13	7.49	7.76	6.72	6.93	6.81	7.35	6.90	
Na ₂ O	3.97	3.42	3.58	3.70	4.18	3.31	3.67	4.37	4.22	4.25	4.60	4.64	4.25	3.86	3.78	3.79	
K ₂ O	2.14	0.85	1.69	1.24	1.96	1.22	1.34	2.20	1.91	1.85	1.58	1.87	2.00	1.87	1.69	1.64	
TiO ₂	2.75	1.18	1.04	1.04	1.01	1.22	1.27	1.65	1.27	1.27	1.10	1.59	1.59	0.90	2.10	0.94	
P ₂ O ₅	0.57	0.34	0.44	0.40	0.39	0.30	0.43	0.74	0.41	0.17	0.08	0.21	0.25	0.34	0.29	0.36	
H ₂ O+	0.92	0.15	0.52	0.71	-	0.22	0.09	0.29	0.59	0.85	0.76	0.70	0.32	0.03	0.39	0.06	
H ₂ O-	0.19	0.06	0.14	0.14	0.06	0.18	0.13	0.10	0.15	0.59	0.35	0.07	0.24	0.11	0.06	0.08	
TOTAL	98.93	99.25	98.84	98.84	98.44	99.68	98.33	100.27	99.67	99.98	100.44	99.68	100.28	98.90	99.73	99.86	
N O R M A S C. I. P. W.																	
Q	-	-	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	0.61	4.32	3.20
Or	2.79	5.02	9.99	7.33	11.58	7.23	7.92	12.79	11.29	11.12	9.45	11.12	11.68	11.05	10.01	9.69	
Ab	27.90	28.94	30.29	31.31	35.37	27.77	31.05	36.68	35.71	36.16	38.78	39.30	36.16	32.66	31.96	32.07	
Ne	3.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
An	22.52	30.90	22.38	24.34	25.30	27.52	23.55	21.68	22.73	18.90	24.46	17.24	11.24	19.77	23.63	24.64	
Di	8.46	13.18	14.80	14.90	7.65	7.69	8.39	6.90	8.33	14.47	10.95	12.64	12.86	9.58	9.07	5.87	
Hy	-	11.51	4.23	6.63	3.54	23.38	20.60	9.22	14.28	10.46	6.49	8.75	14.90	20.41	13.53	19.40	
Ol	14.56	4.29	11.32	8.54	9.95	0.96	-	5.87	1.06	2.51	4.75	4.36	0.17	-	-	-	
Mt	2.09	2.17	2.17	2.17	2.17	1.86	2.17	2.09	2.17	2.09	2.09	2.09	2.09	2.17	2.09	2.17	
Ilm	5.17	2.24	1.98	1.98	1.92	2.28	2.41	3.19	2.41	2.43	2.13	3.04	3.04	1.71	3.95	1.79	
Ap	1.34	0.79	1.03	0.93	0.91	0.67	1.00	1.68	0.96	0.34	0.34	0.34	0.67	0.79	0.67	0.84	

Análisis realizado por María O. Lai, del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad Aix-Marsella. La exactitud de estos resultados ha sido controlada (elementos mayores y trazas) con la ayuda de los estándares geoquímicos de C.R.P.G. (Centro de Investigaciones Petrográficas y Geoquímicas), Nancy, Francia.

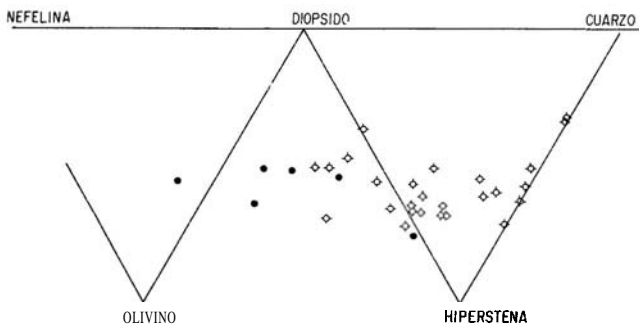


Figura 6.- Proyección en el tetraedro de Yoder y Tilley (1962) de los análisis químicos de los basaltos y andesitas cuaternarias (según su contenido en minerales normativos: Fe₂O₃ se fija en 1.5%, Coombs, 1963). Los círculos llenos para lavas donde SiO₂ < 53%, estrellas para cuando SiO₂ > 53%.

Las plagioclasas (Figura 7) del conjunto poseen una composición relativamente restringida, varían de An₇₀-An₅₀.

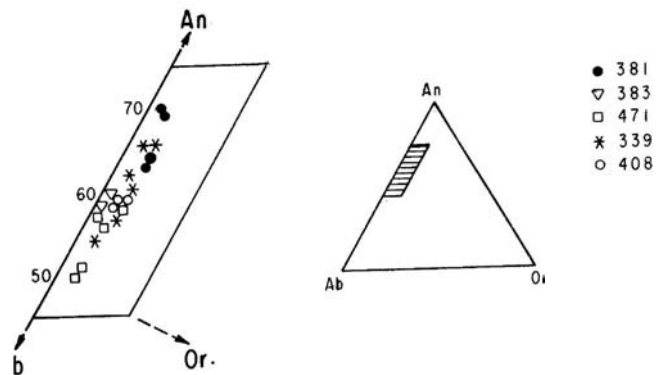


Figura 7.- Composición de las plagioclasas de los basaltos y andesitas cuaternarias, dentro del sistema 05-Ab-An (Silva-Mora, 1979, tabla 32, v. 2, p. 57-58). La Localización de las muestras esta dada en el Apéndice.

Los análisis petrográfico y químico, así como la microsonda demostraron la evolución mineralógica, cuyo comportamiento resumimos en los siguientes párrafos:

Tabla 1.- Basaltos y andesitas cuaternarias. La localizacion de las muestras esta dada en el Apendice (continuación).

N°Muest.	674	393	Ma-57	MA-22	666	337	405	408	380	467	378	SiL-15	442	671	404	MA-55
SiO ₂	55.09	55.23	55.26	55.28	55.29	55.76	55.79	56.38	56.87	57.13	57.75	58.04	58.36	59.02	60.59	63.63
Al ₂ O ₃	17.49	17.88	15.62	15.65	16.82	17.06	17.08	18.14	17.02	17.10	16.54	16.74	18.26	18.11	17.17	16.46
Fe ₂ O ₃	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.49	1.50	1.50	1.26	1.50	1.50	1.41	1.50	1.50	1.50
FeO	6.65	6.79	4.91	7.38	7.86	6.38	6.25	6.05	5.77	5.37	4.36	6.48	3.89	4.66	4.68	3.27
MnO	0.12	0.19	0.10	0.10	0.14	0.12	0.14	0.13	0.20	0.10	0.09	0.13	0.07	0.09	0.10	0.07
MgO	4.19	3.56	7.32	3.29	3.25	5.27	4.38	4.38	3.64	4.25	5.62	4.30	3.59	3.74	3.20	2.43
CaO	7.35	6.51	7.20	7.70	6.18	6.90	6.93	5.71	6.07	5.86	6.81	5.60	5.79	4.99	5.53	4.12
Na ₂ O	3.81	4.35	3.42	4.85	4.60	3.79	4.05	3.57	3.66	3.53	3.36	3.56	3.72	4.15	3.88	4.10
K ₂ O	1.65	2.18	1.89	1.67	1.95	1.64	2.15	1.57	1.76	2.40	1.49	2.09	2.12	1.88	1.64	1.67
TiO ₂	1.32	1.49	0.84	1.39	1.23	0.94	1.20	0.86	1.00	1.42	0.65	0.73	1.12	0.72	0.70	0.59
P ₂ O ₅	0.47	0.30	0.23	0.42	0.34	0.36	0.15	0.24	0.35	0.30	0.31	0.29	0.22	0.30	0.31	0.26
H ₂ O+	0.25	0.23	1.12	0.63	0.44	0.06	0.67	0.61	1.07	0.73	0.51	0.46	0.92	-	0.80	0.73
H ₂ O-	0.11	0.07	0.41	0.11	0.07	0.08	0.16	0.20	0.24	0.16	0.23	0.20	0.16	0.01	0.05	0.33
TOTAL	100.38	100.28	99.82	99.97	99.67	99.86	100.44	99.39	99.15	99.61	99.22	100.12	99.63	99.17	100.15	99.16
NORMAS C. I. P. W.																
Q	3.30	0.78	2.28	-	0.60	3.20	1.62	7.70	8.37	6.84	8.94	19.88	9.60	9.39	13.26	19.88
Or	10.01	12.79	11.12	10.01	11.68	9.69	12.79	9.28	10.40	14.46	8.90	9.87	12.79	11.11	9.69	9.87
Ab	31.96	36.68	28.82	40.87	38.78	32.07	34.06	30.21	30.97	29.87	28.30	34.69	31.44	35.12	32.83	34.69
An	26.13	22.80	21.68	15.85	19.46	24.69	21.96	26.43	24.81	23.63	25.58	18.74	26.64	22.79	24.59	18.74
Di	6.40	6.44	10.02	16.67	7.90	5.87	9.57	-	2.48	3.16	5.37	-	0.22	-	0.67	-
Hy	17.32	14.81	19.96	9.94	15.62	19.40	14.88	19.60	15.92	15.66	17.45	9.97	13.12	15.61	14.02	9.97
Ol	-	-	-	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mt	2.09	2.09	2.09	2.09	2.09	2.17	2.09	2.17	2.17	1.86	2.09	2.17	2.09	2.17	2.17	2.17
Ilm.	2.58	2.89	1.67	2.58	2.28	1.79	2.28	1.63	1.90	2.74	1.22	1.12	1.52	1.37	1.33	1.12
Ap	1.01	0.67	0.67	1.01	0.67	0.84	0.34	0.68	0.82	0.67	0.67	0.61	0.67	0.70	0.72	0.61
Cor.	-	-	-	-	-	-	-	0.88	-	-	-	1.04	-	0.89	-	1.04

El olivino permitio tener una idea mas precisa de su composicion, en funcion de la acidez de la roca, su contenido en Fo disminuye conforme la acidez aumenta (Tabla 2).

La gran variedad de piroxenos identificados, como la augita, augita subcalcica, pigeonita y ortopiroxeno (hiperste-

na), revelan una continuidad entre piroxenos pobres y ricos en Ca; esto se interpreta como una evolucion en "trampa" o quench trend (Muir y Tilley, 1964; Smith y Lindsley, 1971), la cual es frecuente en las lavas toleíticas, pero poco comun en las rocas calci-alcalinas (Figura 8).

Tabla 2.- Composicion de los olivinos en los basaltos, andesitas cuaternarias (analisis de este mineral en la tabla 33, v. 2, en Silva-Mora, 1979). La localizacion de las muestras esta dada en el Apendice.

	Muestra 381	Muestra 383	Muestra 471	Muestra 339	Muestra 408
SiO ₂	49.72%	50.67%	52.77%	54.44%	56.40%
Centro	Fo 83-77	Fo 71-75	Fo 74-69	Fo 75-75	Fo 67-65
Fenocristales					
Orilla	Fo 67-65	Fo 66-65	Fo 70-55	Fo 70	Fo 62
Microlitos					
Matriz	Fo 65-62	Fo 62-54	Fo 57-51	Fo 66-61	Fo 55

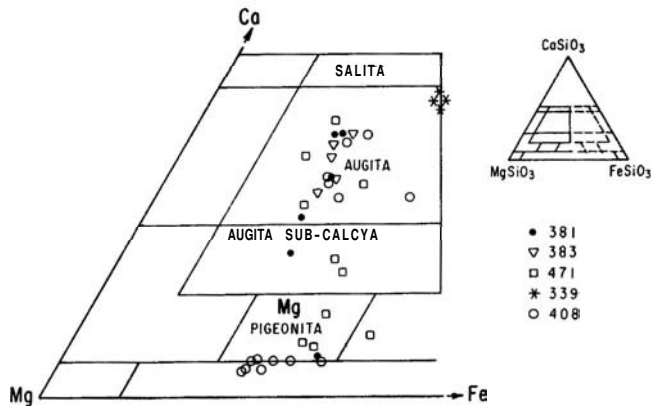


Figura 8. Posición en el diagrama Ca-Mg (Fe + Mn) de los piroxenos de los basaltos y andesitas cuaternarias (Silva-Mora, 1979, tabla 34, v. 2, p. 9, 63 y 65). La localización de las muestras esta dada en el Apéndice.

En la mayoría de los casos los óxidos ferro-titaníferos no cristalizaron más que en la matriz, los análisis revelan la asociación titanomagnetita e ilmenita y es clara la evolución de los minerales opacos en función de la acidez de las rocas, materializada, sobre todo, por la disminución del magnesio (Figura 9).

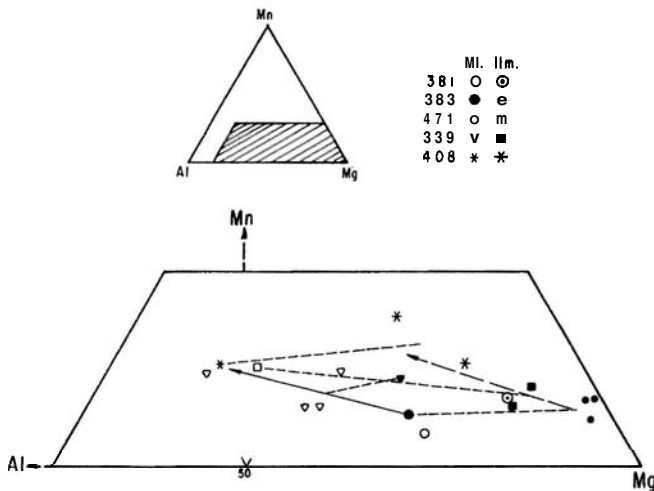


Figura 9. Contenido en Mn-Al-Mg de los óxidos de Fe-Ti de los basaltos y andesitas cuaternarias (matriz). Las flechas con línea llena y línea interrumpida representan, respectivamente, la tendencia evolutiva de los cristales de magnetita e ilmenita para el caso en que se contaba con varios análisis del mismo tipo de mineral (Silva-Mora, 1979, tabla 36, v. 2, p. 67). La localización de las muestras esta dada en el Apéndice.

El empleo de métodos geotermométricos (Buddington y Lindsley, 1964; Kudo-Weill, 1970; Mathez, 1973; Wood y Banno, 1973; Leeman y Scheidegger, 1977; Powell y Powell, 1977; Wells, 1977) muestra que estas lavas cristalizaron bajo temperaturas y presión de agua moderadas. La temperatura registrada para los basaltos fue de 1100-1160° C y para las andesitas 1040-1130° C mientras que en ambas rocas la presión de H₂O fue del orden de 500 a 1,000 bares (Tabla 3).

CONCLUSIONES

La mineralogía de los basaltos y andesitas cuaternarias de Michoacán nororiental, presenta características de asociación toleítica que es sintomática de la línea calci-alcalina. Sin embargo, la variación química revela claramente que la naturaleza de los líquidos magmáticos es calci-alcalina.

Los datos reunidos demuestran la existencia de una serie continua dentro de estas lavas, que puede interpretarse como un fenómeno de diferenciación magmática, donde la separación del olivino, y de la plagioclasa desempeñan un papel importante.

El magma implicado en la génesis de los cráteres de explosión es de naturaleza básica, su composición química revela su riqueza de elementos alcalinos y un carácter subsaturado ligeramente (Silva-Mora, 1979, p. 104). No obstante, es necesario un estudio mineralógico y químico más completo que permita precisar las relaciones que existen entre las lavas de los maars y los basaltos y andesitas cuaternarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Buddington, A. F., y Lindsley, D. H., 1964, Iron titanium oxide minerals and synthetic equivalents: Jour. Petrology, v. 5, p. 310-357.

Bullard, F. M., 1947, Studies on Parícutin volcano, Michoacán, Mexico: Geol. Soc. America Bull., v. 58, p. 433-450.

Coombs, D. S., 1963, Trend and affinities of basaltic magmas and pyroxenes as illustrated on the diopside-olivine-silica diagram: Miner. Soc. America, Spec. Paper 1, p. 227-250.

Foshag, W. F., y Gonzalez-Reyna, Jenaro, 1956, Birth and development of the Parícutin volcano, Mexico: U. S. Geol. Survey, Bull. 965-D, p. 355-489.

Hasenaka, Toshiaki, y Carmichael, I. S. E., 1985, The cinder cones of Michoacán-Guanajuato, central Mexico; their age, volume and distribution, and magma discharge rate: Jour. Volcanology and Geothermal Research, v. 25, p. 105-124.

Kudo, A. M., y Weill, D. F., 1970, An igneous plagioclase thermometer: Contr. Mineral and Petrology, v. 25, p. 52-65.

Kuno, H., 1959, Origin of Cenozoic petrographic provinces of Japan and surrounding areas: Bull. Volcanol., v. 20, p. 37-76.

Leeman, W. P., y Scheidegger, 1977, Olivine-liquid distribution coefficients and a test for crystal liquid equilibrium: Earth and Planet Sci. Letters, v. 35, p. 247-257.

Lorenz, V., 1973, On the formation of Maars: Bull. Volcanol., v. 37, p. 183-204.

Mathez, A., 1973, Refinement of the Kudo-Weill plagioclase thermometer and its application to basaltic rocks: Contr. Mineral and Petrology, v. 41, p. 61-72.

Muir, I. D., y Tilley, C. E., 1964, Iron enrichment and pyroxene fractionation in tholeiites: Jour. Geology, v. 4, p. 143-156.

Ordóñez, Ezequiel, 1906, Los cráteres de explosión del Valle de Santiago: Mexico, Cong. Geol. Intern., 10, Excursion 14, 8. p.

Powell, R., y Powell, M., 1977, Geochemistry and oxygen ba-

BASALTOS Y ANDESITAS CUATERNARIOS

Tabla 3.- Geotermometría de los basaltos y andesitas cuaternarias. (Los datos para estos calculos;Silva-Mora, 1979). 1) Los análisis de óxidos de Fe-Ti, disponibles en la muestra (381) corresponden a minerales, en los que es imposible aplicarles el geotermómetro (la magnetita analizada se presenta como inclusiones en los fenocristales de olivino). 2) Resultados de la ecuación imposible. La localización de las muestras está dada en el Apéndice.

Nº MUEST.	Olivino - líquido (Leeman Scheidegger, 1977)		Magnetita - ilmenita (Buddington Lindsley 1964; Powell, Powell 1977)		Plagioclasa - líquido (Kudo & Weill, 1970 ; Mathez, 1973)			Opx - Cpx (Wood, Banno, 1973; Wells, 1977)	
	FENOCRISTALES	MATRIZ	FENOCRISTALES	MATRIZ	K.W.	M.	P. H2O	W.B.	W
381	1154°	MgO			1219°C	11E2	sec		
	1162°	FeO	- (1)		1163	1033	500bars	-	1067°C
	1100	MnO			1130	1166	1000		1148°C
					845	-	5000		
383	1146°C	MgO			1205°C	1171	sec		
	1193	FeO	963		1157	1027	500	-	
	1138	MnO	$f_{O_2}=10^{-10.33}$		1121	1157	1000		
					853	-	5000		
471	1227°C	MgO	1060°C		1163	1134	sec	1238 1189	
	1120°	FeO	$f_{O_2}=10^{-9}$		1116	971	500	1173 981	
					1079	1103	1000	1125 1172	
	1108"	MnO			797	-	5000	644	
339	1097°C	MgO	941°C		1222	1183	sec	1010 1002	
	1133	FeO			1170	1030	500	956 (2)	
			$f_{O_2}=10^{-11.75}$		1131	1163	1000	895 856	-
	1113	MnO			837	-	5000	(2)	
402	1110°C	MgO	915°C				sec	1112 1083	W.B.
	1043	FeO					500	1050 (2)	W
			$f_{O_2}=10^{-13.27}$				1000	994 1005	1070°C
	1059	MnO					5000	(2)	1118°C

rometry using coexisting iron-titanium oxides; a reappraisal: Mineral Mag., v. 41, p. 257-263.

Segerstrom, Kenneth, 1950, Erosion studies at Paricutin State of Michoacan, Mexico: U. S. Geol. Survey, Bull. 965-A, p. 143-148.

Schmincke, H. U., 1977, Phreatomagmatische Phasen in quartaren vulkanen der Osteifel: Hannover, Geol. Jahrb., A-39, p. 3-45.

Silva-Mora, Luis, 1979, Contribution a la connaissance de l'Axe Volcanique Transmexicain; etude géologique et pétrologique des laves du Michoacan oriental: Marsella, Univ. Aix-Marseille III, disertacion doctoral (3er. ciclo), 230 p. (inedita).

Smith, D. L., y Lindsley, D. H., 1971, Stable and metastable augite crystallization in a single basalt flow: Am. Mineralogist, v. 56, p. 225-233.

Taylor, S. R., 1969, Trace element chemistry of andesite and associated calc-alkaline rocks: Proc. Andesite Conf. Upper Mantle Project, Oregon State Sci. Rept. 16, p. 43-63.

Wells, P. R. A., 1977, Pyroxene thermometry in simple and complex systems: Contr. Mineral and Petrology, v. 62, p. 129-139.

Wilcox, R. E., 1954, Petrology of Paricutin volcano, Mexico: U. S. Geol. Survey, Bull. 965-C, p. 281-353.

Williams, Howell, 1950, Volcanoes of Paricutin region, Mexico: U. S. Geol. Survey, Bull. 965-B, p. 165-279.

Wood, B. J., y Banno, Sehochet, 1973, Garnet-orthopyroxene and orthopyroxene-clinopyroxene relationship in simple and complex systems: Contr. Mineral and Petrology, v. 42, p. 109-124.

Yoder, H. S., y Tilley, C. E., 1962, Origin of the basaltic magmas; an experimental study of natural and synthetic rock systems: Jour. Petrology, v. 3, p. 342-532.

APENDICE

RELACION DE UBICACION DE LAS MUESTRAS UTILIZADAS: SE PROPORCIONAN LAS COORDENADAS DE LAS CARTAS PUBLICADAS POR CETENAL QUE SON LA BASE DE LAS CARTAS DE ESTE TRABAJO (MORELIA, MARAVATIO, VALLE DE SANTIAGO) ESC. 1:100,000.

No. de muestra	Coordenadas	Hoja topografica	Escala
817	101° 16' 34" W 20° 22' 29" N	Hoja topografica Cuitzeo	(Esc. 1:50,000)
406	101° 15' 27" W 19° 54' 11" N	Hoja topografica El Oro de Hidalgo	(Esc. 1:50,000)

No. de muestra		No. de muestra	
381	100° 13' 57" W 19° 55' 20" N	MA-57	100° 01' 57" W 19° 30' 54" N
382	100° 09' 54" W 19° 54' 18" N		Hoja topografica Cd. Hidalgo (Esc. 1:50,000)
	Hoja topografica Valle de Santiago (Esc. 1:50,000)	MA-22	100° 29' 05" W 19° 31' 34" N
596	101° 12' 12" W 20° 23' 13" N		Hoja topografica Valle de Santiago (Esc. 1:50,000)
	Hoja topografica Maravatio (Esc. 1:50,000)	666	101° 11' 26" W 20° 21' 50" N
471	100° 27' 34" W 19° 56' 30" N		Hoja topografica Cd. Hidalgo (Esc. 1:50,000)
	Hoja topografica El Oro de Hidalgo (Esc. 1:50,000)	337	100° 28' 19" W 19° 32' 42" N
383	100° 10' 55" W 19° 51' 19" N		Hoja topografica Cuitzeo (Esc. 1:50,000)
	Hoja topografica Valle de Santiago (Esc. 1:50,000)	405	101° 19' 18" W 19° 57' 34" N
670	101° 18' 07" W 20° 24' 00" N		Hoja topografica Morelia (Esc. 1:50,000)
	Hoja topografica Maravatio (Esc. 1:50,000)	408	101° 17' 40" W 19° 35' 53" N
396	100° 27' 10" W 19° 47' 00" N		Hoja topografica El Oro de Hidalgo (Esc. 1:50,000)
	Hoja topografica Cuitzeo (Esc. 1:50,000)	380	100° 18' 43" W 19° 55' 12" N
402	101° 08' 41" W 19° 54' 02" N	467	100° 14' 00" W 19° 59' 08" N
	Hoja topografica Patzcuaro (Esc. 1:50,000)	378	100° 18' 45" W 19° 47' 00" N
407	101° 20' 14" W 19° 42' 11" N		Hoja topografica Morelia (Esc. 1:50,000)
	Hoja topografica Morelia (Esc. 1:50,000)	SIL-15	101° 18' 59" W 19° 34' 19" N
339	101° 14' 38" W 19° 42' 02" N		Hoja topografica Zinapécuaro (Esc. 1:50,000)
	Hoja topografica Maravatio (Esc. 1:50,000)	442	100° 52' 45" W 19° 48' 21" N
379	100° 20' 17" W 19° 48' 17" N		Hoja topografica Valle de Santiago (Esc. 1:50,000)
	Hoja topografica Zinapécuaro (Esc. 1:50,000)	671	101° 19' 10" W 20° 21' 16" N
391	100° 48' 43" W 19° 48' 45" N		Hoja topografica Cuitzeo (Esc. 1:50,000)
	Hoja topografica Valle de Santiago (Esc. 1:50,000)	404	101° 18' 34" W 19° 58' 23" N
815	101° 11' 38" W 20° 20' 13" N		Hoja topografica Cd. Hidalgo (Esc. 1:50,000)
	Hoja topografica Cd. Hidalgo (Esc. 1:50,000)	MA-55	101° 24' 18" W 19° 34' 47" N
337	100° 28' 19" W 19° 32' 42" N		
	Hoja topografica Valle de Santiago (Esc. 1:50,000)		
674	101° 09' 56" W 20° 22' 37" N		
	Hoja topografica Zinapécuaro (Esc. 1:50,000)		
393	100° 43' 52" W 19° 53' 49" N		
	Hoja topografica Angangueo (Esc. 1:50,000)		

Manuscrito presentado: 2 de enero de 1983.

Manuscrito corregido devuelto por el autor: 3 de enero de 1985.

Manuscrito aceptado: 3 de marzo de 1985.