



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

FACULTAD DE INGENIERIA

Area Ciencias de la Tierra

ESTUDIO PETROGRAFICO DE LA IGNEMBRITA CANTERA, CAMPO VOLCANICO DE SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P.

REPORTE FINAL DEL CURSO DE OPCION A NO TRABAJO RECEPCIONAL

PRESENTA

GUADALUPE MALDONADO SANCHEZ



San Luis Potosí, S.L.P

Junio, 1997

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
RESUMEN	ii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Introducción al problema	1
1.2 Metodología	1
1.3 Antecedentes	2
1.4 Localización y vías de acceso	2
2. GEOLOGÍA REGIONAL	5
2.1 Marco Geológico	5
2.2 Campo Volcánico de San Luis Potosí	5
3. GEOLOGÍA LOCAL	10
3.1 Estratigrafía	10
Latita Portezuelo	10
Riolita San Miguelito	11
Ignimbrita Cantera	13
Riolita Panalillo	14
Conglomerado Halcones	16
b) Rocas Cuaternarias	17
Pumicita el Desierto	17
Aluvión.	18
3.2 Ignimbritas	19
3.3 Generalidades de la Ignimbrita Cantera	19
4. PETROGRAFÍA	21
4.1 Introducción	21
4.2 Petrografía de la Ignimbrita Cantera	21
4.2.1 Ignimbrita Cantera sin soldar	21

4.2.2 Ignimbrita Cantera soldada.	35
5. INTERPRETACIÓN	46
6. SUMARIO Y CONCLUSIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Mapa de localización del área de estudio	3
Figura 2.- Vías de comunicación del área de estudio	4
Figura 3.- Campo Volcánico de San Luis Potosí y unidades paleogeográficas del Mesozoico	7
Figura 4.- Ubicación fisiográfica del área de estudio	8
Figura 5.- Provincias Geológicas	9
Figura 6.- Columna litológica y mineralógica dentro de la Ignimbrita Cantera	47
Figura 7.- Sección de la Ignimbrita Cantera en que se muestra el grado de soldamiento y el porcentaje estimado de fenocristales	48
Figura 8.- Diagrama idealizado de una unidad simple de flujo ignimbrítico	50
Figura 9.- Variaciones laterales y verticales idealizadas de soldamiento (A) y cristalización (B) en una unidad simple de enfriamiento	51
Figura 10.- Morfología de las esferulitas	53
Mapa geológico de la porción central de la sierra de San Miguelito, S.L.P.	Anexo
Sección geológica de la Ignimbrita Cantera, Campo Volcánico de San Luis Potosí, S.L.P.	Anexo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Ing. Guillermo Labarthe-Hernández, director del Instituto de Geología el apoyo otorgado no sólo para la realización de este trabajo, si no también por su enseñanza y comentarios que han contribuido a mi formación profesional; al igual que al M. en C. José Ramón Torres-Hernández, que además ha tenido a bien asesorar este trabajo.

Al Dr. J. Rafael Barbosa-Gudino y al M. en C. Rubén López-Doncel gracias por su ayuda en la petrografía y a la secretaria Evangelina Herrera-Sierra por mecanografiar parte del trabajo. A si mismo, agradezco el apoyo recibido por parte de los Sres. Crescencio Garduño-Paz y Bartolo Rodríguez-Rodríguez que bajo dirección del Dr. Gerardo Aguirre-Díaz, de la Estación Regional del Centro del Instituto de Geología de la UNAM en Guanajuato, Gto. elaboraron las láminas delgadas.

A mis profesores del área Ciencias de la Tierra, compañeros y sobretodo, a mi familia, muchas gracias por alentarme a seguir adelante.

RESUMEN

El Campo Volcánico de San Luis Potosí (CVSLP), está compuesto por rocas volcánicas del Terciario medio, de las cuales la Ignimbrita Cantera es el depósito de flujos piroclásticos más voluminoso y que se encuentra aflorando en casi todo el CVSLP. Esta ignimbrita está compuesta por una serie de flujos que se comportan como una sola unidad de enfriamiento. El miembro inferior sin soldar presenta algunos flujos que se asemejan al modelo idealizado por Sparks, 1973, que consiste de gradación inversa de pómez y una capa de enriquecimiento de líticos. Dentro de la mineralogía en este miembro, básicamente por tratarse de un flujo riolítico consiste de cuarzo y sanidino, la plagioclasa (oligoclasa) es escasa y del grupo de las micas se encontró biotita. La pómez es blanca, fibrosa, pero también en un horizonte hay pómez bandeada.

El miembro superior fuertemente soldado, presenta pómez ocre y pómez gris rica en cristales, ambas en forma de "*fiamme*". La pómez ocre colapsada se presenta en todo el miembro, mientras que los pómez gris rica en cristales sólo aparece en la parte media; así mismo, hacia la parte superior de esta unidad hay enriquecimiento de cristales hasta en un 40%. Dentro de la mineralogía la única diferencia que presenta con el miembro anterior es que la biotita se enriquece en magnesio y titanio (3 a 5%).

Del la información obtenida en el análisis petrográfico y por las características texturales que se observaron, se puede decir que se trata de una unidad de enfriamiento que alcanzó en su centro (en donde se observó textura granofírica) temperaturas de al menos 700°C lo cual está indicado por esferulitas en forma de abanicos y en la periferia temperaturas menores a 400°C en donde estas estructuras de desvitrificación son esferoidales (Lofgren, 1974).

En cuanto a su origen, aún se desconoce la estructura a que se asocia y la ubicación de la fuente o fuentes de emisión, aunque Labarthe-Hernández y Jiménez-López (1992 y 1994) consideran que la Ignimbrita Cantera se emplazó a través de fisuras originadas por la distensión que sufrió la Mesa Central en ese mismo periodo, debido a que no existen evidencias claras de la presencia de un caldera.

altímetro y brújula, y se procedió a tomar muestras de manera sistemática, para la elaboración de láminas delgadas y su posterior estudio petrográfico.

1.3.- Antecedentes

Originalmente fue descrita informalmente como Ignimbrita Cantera por Labarthe-Hernández y Tristán-González (1978), en la cartografía de la hoja San Luis Potosí; posteriormente fue propuesta formalmente por Labarthe-Hernández *et. al.*, 1982.

El Miembro 1 fue cartografiado como (Tac) en la Hoja Tepetate; el Miembro 2 se le llamó toba sin soldar (Tss) en la Hoja Santa María y (Tab) en la hoja Tepetate; aquí dentro de la depresión del Peaje, la unidad fue descrita como Ignimbrita Escalerillas (Tie); el Miembro 3 se le denominó Ignimbrita Bolas (Tib) en varias de las hojas cartografiadas; y al Miembro 4 se le cartografió como Toba El Peaje (Ttp).

1.4.- Localización y vías de acceso

El área de estudio se ubica aproximadamente a 15 km al SW de la ciudad de San Luis Potosí, al sur del poblado de Escalerillas, S.L.P. y sus coordenadas geográficas son: 22° 03' y 22° 09' de latitud norte y 101° 01' y 101° 07' de longitud oeste (Figura 1).

El acceso al área es a través de la Carretera Federal No. 80, San Luis Potosí-Guadalajara, en la que a la altura del kilómetro 11 en el poblado de Escalerillas, se toma un camino de terracería que conduce a la presa El Potosino (Figura 2).

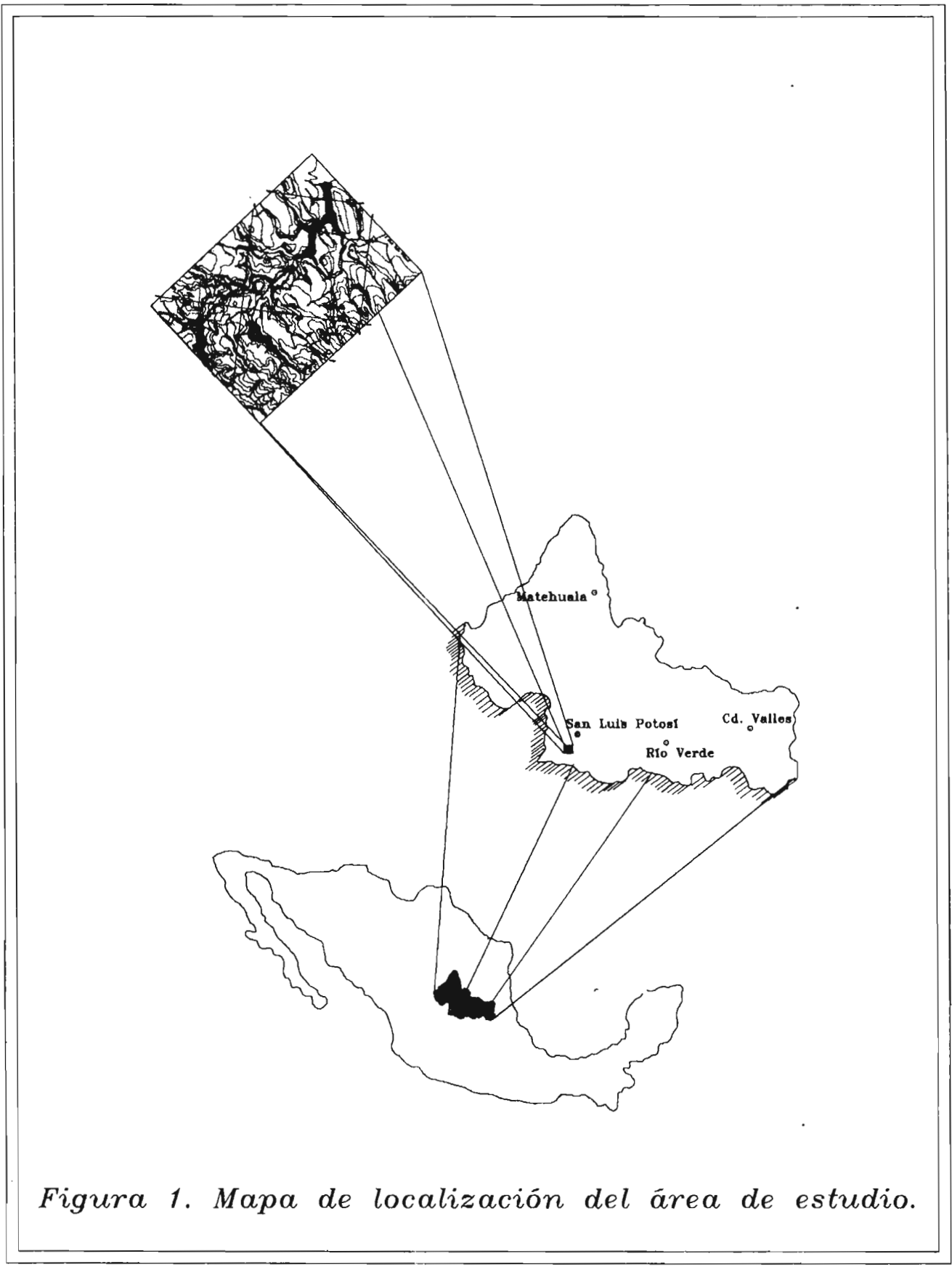
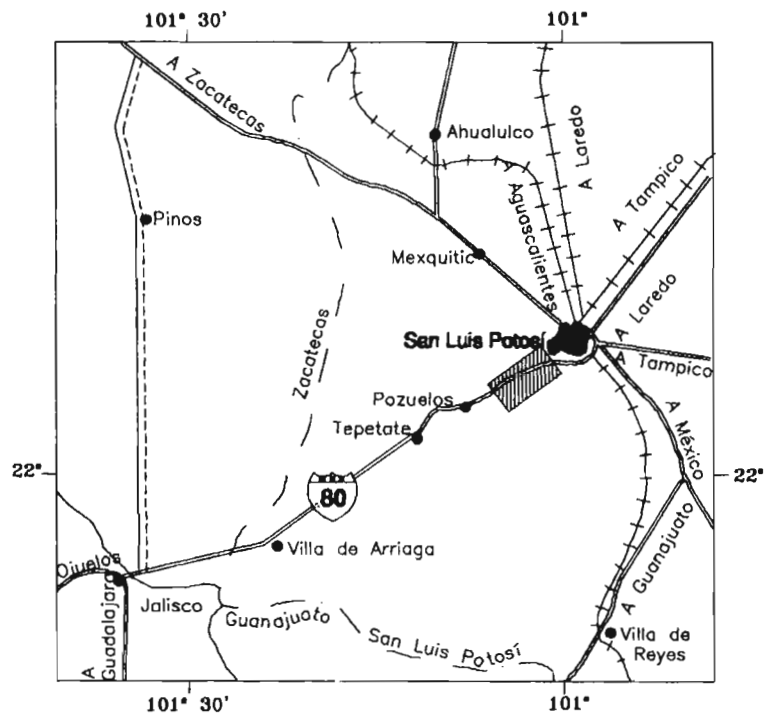


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio.



- — — — — Limite Estatal
- ==== Carretera Federal
- - - - - Camino de terracería
- + + + + + Via de ferrocarril
- Poblaciones

Figura 2. Vías de comunicación del área de estudio

2. GEOLOGÍA REGIONAL

2.1 MARCO GEOLÓGICO

El área de estudio se encuentra ubicada en el Campo Volcánico de San Luis Potosí (CVSLP) (Labarthe-Hernández *et al.*, 1982), el cual forma parte de la porción oriental de la provincia magmática de la Sierra Madre Occidental y se sitúa, tectónicamente, en la parte sur de la provincia *Basin and Range* (Stewart, 1978) continuándose ésta, a través de la Mesa Central (Figura 4).

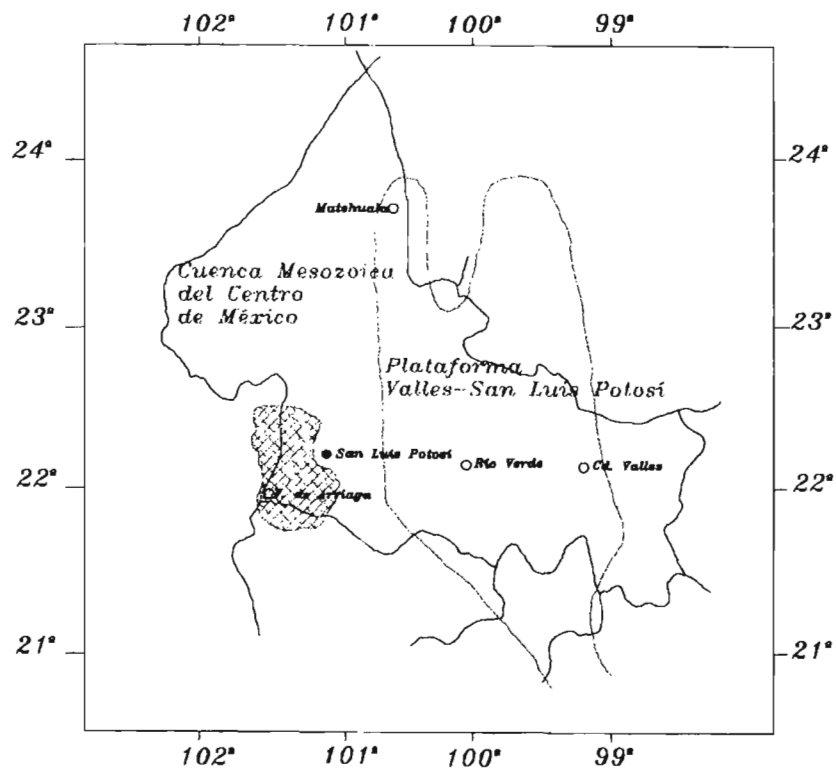
El Campo Volcánico de San Luis Potosí se localiza dentro de la Mesa Central (Raisz, 1964), que es una altiplanicie rodeada por tres provincias fisiográficas (Raisz, *op. cit.*), las cuales se encuentran de la siguiente manera: al norte y al oriente se sitúa la Sierra Madre Oriental, compuesta principalmente por sedimentos mesozoicos plegados; al poniente la Sierra Madre Occidental, que es una provincia volcánica compuesta predominantemente por rocas félsicas, calcialcalinas y que se formó durante el Terciario medio; y en la parte meridional se encuentra la cadena volcánica activa de la Faja Volcánica Transmexicana.

En la Mesa Central, que cubre la mitad occidental del Estado de San Luis Potosí, existe un paquete grueso de rocas extrusivas cenozoicas, cuya edad varía entre 44 y 26 Ma (las que constituyen el CVSLP, Labarthe-Hernández *op. cit.*,) La tectónica que dio origen al vulcanismo tiene su inicio cuando la Dorsal del Pacífico colisiona con la Placa Norteamericana, dando como resultado una serie de fallas normales y vulcanismo asociado, originando el evento extensional de la Mesa Central (Tristán-González, 1986); existen evidencias de que esa tectónica extensiva ha actuado desde el Eoceno y han existido varios periodos de actividad, la cual puede continuar hasta nuestros días (Aranda-Gómez *et al.*, 1989).

2.2 EL CAMPO VOLCÁNICO DE SAN LUIS POTOSÍ

El Campo Volcánico de San Luis Potosí se localiza en la porción suroccidental del estado dentro de la Faja Ignimbrítica Mexicana (Ortega-Gutiérrez, 1992) y ubicándose paleogeográficamente dentro de la Cuenca Mesozoica del Centro de México (Carrillo-Bravo, 1971) Figura 3.

El Campo Volcánico de San Luis Potosí está constituido por un paquete grueso de rocas volcánicas cenozoicas que cubren discordantemente a los sedimentos marinos del Mesozoico y, en algunos lugares, a los sedimentos lagunares y terrígenos continentales del Paleógeno (Formación Cenicera -Labarthe-Hernández *et al.*, 1982- y Conglomerado Rojo de



○ Población

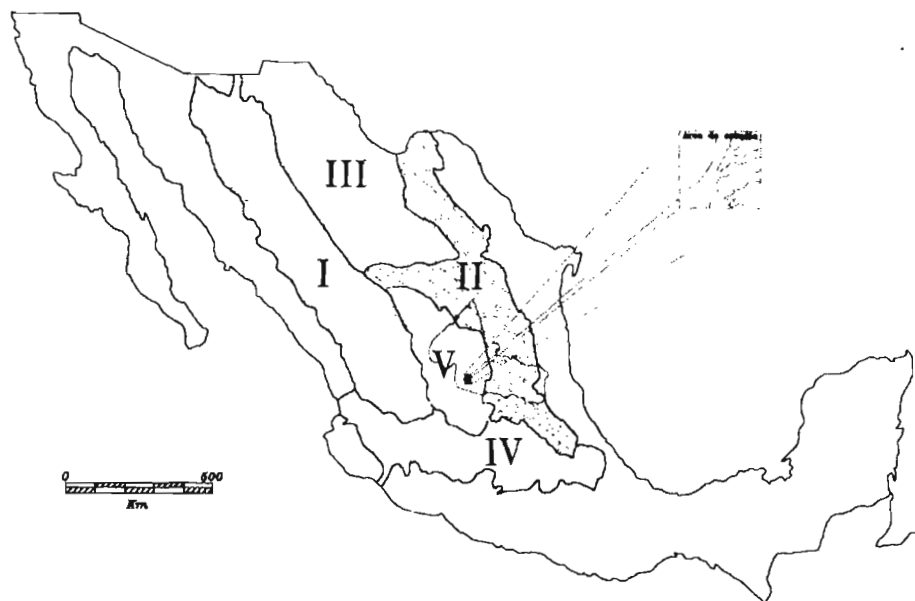
— Límite de unidad paleogeográfica
(Carrillo-Bravo, 1971)



■ Campo Volcánico de San Luis Potosí
(Labarthe-Hernández *et. al.*, 1989)

Figura 3. Campo Volcánico de San Luis Potosí y unidades paleogeográficas del Mesozoico

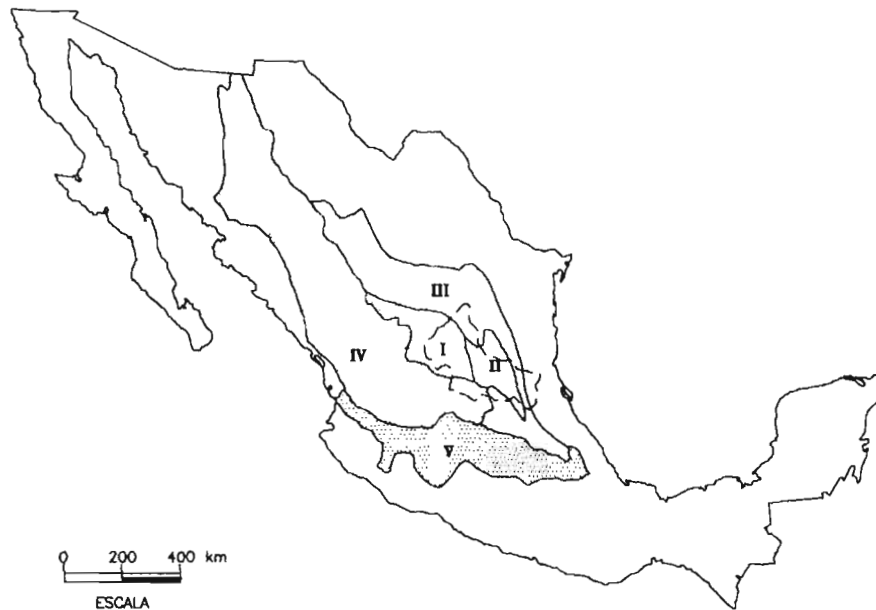
Provincias Fisiográficas



- I Sierra Madre Occidental
- II Sierra Madre Oriental
- III Provincia de Cuencas y Sierras
- IV Eje neovolcánico
- V Mesa Central

(Raiz, 1964)

Figura 4. Ubicación fisiográfica del área de estudio



- I Zacatecana
- II Plataforma Valles-San Luis
- III Cinturón de Pliegues y Fallas
- IV Faja Ignimbrítica Mexicana
- V Faja Volcánica Transmexicana

Ortega-Gutiérrez *et. al.*, 1991

Figura 5. Provincias Geológicas

3. GEOLOGÍA LOCAL

3.1 ESTRATIGRAFÍA

Dentro del área de interés las rocas que se encuentran aflorando, son principalmente rocas volcánicas del Terciario y sedimentos aluviales del Cuaternario. La descripción de las unidades Terciarias partiendo de la base a la cima es como sigue:

Latita Portezuelo (Tlp)

Terciario -Oligoceno- (30.6 ± 1.5 Ma)

a) Definición.

Informalmente fue descrita como Latita Porfirítica por Labarthe-Hernández y Tristán-González (1978), en la cartografía geológica de la hoja San Luis Potosí; posteriormente fue propuesta formalmente como Latita Portezuelo, por Labarthe-Hernández *et. al.*, (1982), considerando su localidad tipo en las inmediaciones del poblado de Portezuelo, S.L.P.

b) Distribución.

Aflora en la parte nororiente y poniente del área.

c) Litología y espesor.

Consiste de una lava de color gris claro a café grisáceo, de textura holocristalina, inequigranular, porfirítica, traquítica a pilotáxica, con matriz afanítica; tiene de 10 a 15% de fenocristales de 2 a 6 mm de sanidino y plagioclasa.

d) Relaciones estratigráficas.

Es la unidad más antigua del área y está sobreyacida por la tefra basal de la Riolita San Miguelito y también por la base sin soldar de la Ignimbrita Cantera.

e) Edad

Se determinó por el método K/Ar, de roca total de una muestra tomada en la localidad tipo, una edad de 30.6 ± 1.5 Ma (Labarthe-Hernández *et. al.*, 1982).

Riolita San Miguelito (Tymb, Tsmo, Tsm, Tsmc)

Terciario -Oligoceno- (30.0 ± 1.5 Ma)

a) Definición.

Originalmente fue descrita informalmente por Labarthe-Hernández y Tristán-González (1978), en la cartografía geológica de la hoja San Luis Potosí; posteriormente fue propuesta formalmente por Labarthe-Hernández *et. al.*, (1982), considerando su localidad tipo en la estribación norte de la Sierra de San Miguelito, bordeando al valle de la ciudad de San Luis Potosí. Labarthe-Hernández y Jiménez-López (1992) dividieron esta formación en cuatro unidades, que de la base a la cima son: tefra basal (Tymb); brecha de desintegración (Tsmo); riolita desvitrificada central (Tsm) y caparazón (Tsmc); de las cuales sólo las tres últimas se encuentran en el área de estudio.

b) Distribución.

Ocupa gran parte del área estudiada, aflorando en la porción poniente, surponiente, sur y suroriente del área.

c) Litología y Espesor.

Tefra basal (Tymb)

La Riolita San Miguelito se inicia con una actividad explosiva, que consiste de una toba pobremente estratificada, con cierta gradación y abundancia de líticos (de la Formación Caracol y de la Latita Portezuelo); con pómez sin colapsar en tamaño predominante de 2 cm, en matriz fina. Su cima (1 m) es de capas delgadas de ceniza, bien estratificadas. Su espesor es de 10 a 20 m.

Brechas de desintegración (Tsmo)

Sobre la brecha basal descrita anteriormente, aparece en forma lenticular, una zona de brecha que consiste de fragmentos angulares de 3 a 60 cm de un vitrófido negro y gris oscuro verdoso, en matriz de fragmentos finos y de tamaño de ceniza de color gris amarillenta. En ocasiones los fragmentos de vitrófido están sueltos entre la matriz sin consolidar y en otras están mejor empacados. Estas brechas se interpretan como correspondientes a la desintegración del caparazón, cuyos fragmentos son envueltos al avanzar la lava sobre ellos; generalmente este tipo de brechas de desintegración se presentan hacia los extremos distales de los flujos. Su espesor va de 15 a 40 m. Sobreyaciéndolas aparece un vitrófido masivo, de color negro a gris oscuro, lenticular, que va de 3 hasta 20 m de espesor.

Riolita desvitrificada central (Tsm)

Son flujos de lava riolíticos que consisten en una roca de color gris claro a gris rosáceo, de textura holo a microcristalina, porfirítica, con matriz afanítica, con 15 a 20% de fenocristales de 2-4 mm de sanidino y cuarzo en la misma proporción, con magnetita diseminada en la matriz, parcialmente alterada a hematita. El sanidino se presenta euhedral y el cuarzo de subhedral a anhedral. La matriz esta totalmente desvitrificada; se le aprecian esferulitas relativamente grandes y otras diminutas que le dan un aspecto moteado a la misma. Frecuentemente se observa textura fluidal y pliegues de flujo. En general presenta una estructura columnar, con algunas cavidades con cristalización en fase de vapor (en ocasiones se llegaron a observar cristales de topacio).

Caparazón (Tsmc)

En forma transicional sobre la riolita desvitrificada de la parte central de los flujos de lava, aparece el caparazón que consiste de una mezcla de materiales piroclásticos y vitrificado negro o gris oscuro verdoso.

La tefra consiste de flujos de ceniza sin soldar, masivos, sin gradación ni estratificación, de grano fino, de un color verde pálido a crema amarillento, con numerosos lentes y horizontes de vitrificado, que varían de 1 m hasta 60 m de longitud, en el que hay desvitrificación de litofisas desde 3 a 60 cm de diámetro y en bandas de 2 a 10 cm de espesor. En ocasiones y principalmente en la presa El Peaje, existen horizontes de riolita desvitrificada y pequeños domos, de decenas de metros de diámetro, de riolita fluidal desvitrificada. Existen también cavidades grandes alargadas con depósitos de fase de vapor (calcedonia y óxidos de fierro). También dentro del caparazón se observa la presencia de brechas de vitrificado negro, bien empacadas, con su cementante formado por fragmentos más pequeños del vitrificado y material fino piroclástico. Al norte de la Presa el Peaje, en un arroyo se observó una capa de 80 cm de espesor, de una nube rasante, que consiste de una toba fina de color rosa con pómez sin colapsar, con gradación inversa y en su cima unos cuantos cm de ceniza fina, laminar. La cima del caparazón es un flujo de cenizas sin soldar de color anaranjado o rosa, con pómez sin colapsar y 3 a 5% de cristales de cuarzo y sanidino. Se espesor es de aproximadamente 90 m.

f) Relaciones estratigráficas.

La Riolita San Miguelito sobreyace a la Latita Portezuelo con los contactos descritos. Hacia la zona de la Iglesia del Desierto, la riolita no llega a cubrir a la latita,

estando la Ignimbrita Cantera directamente sobre el caparazón de la latita; subyace al miembro sin soldar de la Ignimbrita Cantera.

e) Edad.

Se determinó de 30 ± 1.5 Ma por el método K/Ar de roca total de una muestra tomada de la localidad tipo.

Ignimbrita Cantera (Tic, Tics)

Terciario -Oligoceno- (29.0 ± 1.5 Ma)

a) Definición

Originalmente fue descrita en forma informal por Labarthe-Hernández y Tristán-González (1978), en la cartografía de la Hoja San Luis Potosí; posteriormente fue propuesta formalmente por Labarthe-Hernández *et. al.*, (1982), considerando su localidad tipo en el arroyo de la Cantera, localizado a 2.3 km al NE del poblado de los Arroyos, S.L.P.

b) Distribución.

Aflora casi en toda el área de interés.

d) Litología y espesor

Se trata de flujos piroclásticos, que se han dividido de acuerdo a su grado de soldamiento en sin soldar (Tic) y bien soldada (Tics).

Base sin soldar (Tic)

La base de la Ignimbrita Cantera, consiste de la porción sin soldar de un flujo de cenizas riolítico. Su espesor es de 2 hasta 30 m. y se presenta de un color blanco a rosa, masivo, sin estratificación ni gradación, con abundante pómez sin colapsar en tamaño promedio de 2 cm con fenocristales de cuarzo y sanidino y menos abundante de biotita, en una matriz de ceniza; tiene un 1-2 % de líticos verdosos y rojizos de arenisca y cafés de rocas volcánicas.

Ignimbrita Cantera soldada (Tics)

Empieza transicionalmente con una zona delgada parcialmente soldada y luego al paquete del flujo de cenizas bien soldadas, que consiste de una roca de color gris rosáceo a

café grisáceo, de textura mero a holocristalina, en partes eutaxítica, porfirítica. La matriz está desvitrificada a un agregado felsítico criptocristalino. Hay desvitrificación de grano más grueso (fase de vapor), alrededor de algunos fenocristales y adentro de algunos fragmentos de pómez colapsada.

Tiene pómez bien colapsada y líticos aislados verdosos y rojizos de areniscas (Formación Caracol ?) y cafés de rocas volcánicas. Presenta un fracturamiento columnar.

A la altura de la cola de la presa el Potosino, se realizó un levantamiento geológico para definir las diferentes unidades de que esta constituida.

Labarthe-Hernández y Jiménez-López (1992) le dan un espesor a la Ignimbrita Cantera, incluyendo su base sin soldar, de 350 m.

d) Relaciones estratigráficas.

Sobreyace con los contactos descritos a la Latita Portezuelo y a la Riolita San Miguelito y subyace al Miembro Inferior de la Riolita Panalillo y en ocasiones discordantemente al Conglomerado Halcones.

e) Edad.

Labarthe-Hernández *et. al.*, (1982), obtuvieron una edad de 29.0 ± 1.5 Ma, por el método de K/Ar de roca total, de una muestra de esta unidad, tomada al oriente del área estudiada.

Riolita Panalillo (Tap, Trp)

Terciario -Oligoceno- (26.8 ± 1.3 Ma)

a) Definición.

Fue descrita en forma informal por Labarthe-Hernández y Tristán-González (1978), en la cartografía de la Hoja San Luis Potosí, posteriormente fue propuesta formalmente por Labarthe-Hernández *et. al.* (1982), considerando su localidad tipo al poniente del poblado del Panalillo, S.L.P.

b) Distribución.

Aflora en manchones aislados, generalmente de forma alargada hacia el NW, y está distribuida irregularmente en toda el área.

c) Litología y espesores.

Es un paquete de flujos piroclásticos que se han dividido en dos miembros.

Miembro Inferior (Tap)

Son una serie de flujos de ceniza sin soldar, de color crema a amarillo, con 5 a 10% de fenocristales de sanidino y cuarzo, pómez sin colapsar y líticos de areniscas (Formación Caracol?) rojizos y verdes, y de rocas volcánicas, en una matriz de esquirlas de vidrio y fragmentos del tamaño de ceniza. Estos flujos de ceniza tienen intercalaciones de tobas de caída aérea, bien estratificadas, en capas de 2 a 10 cm, gradadas, muy finas y laminares, casi sin fenocristales y con estratificación cruzada aisladamente. Con cierta frecuencia presenta diques pequeños de tuficita de 10 a 40 cm. Estas tuficitas se llegan también a observar muy esporádicamente en la Ignimbrita Cantera infrayacente.

Desde el poblado de Pozuelos y siguiendo el arroyo del Juachín, hasta 3.5 km al NW, la base de este Miembro Inferior, consiste de lo que se ha interpretado como una brecha co-ignimbrítica de rezago (“co-ignimbrite lag breccia”) (Tapb), que consiste de un depósito rico en líticos, clasificado pobremente, estratificado, con fragmentos de la Riolita San Miguelito, que van desde 5 cm a megabloques de 3 ó 4 m. Los fragmentos son tanto angulares como subarredondeados y se encuentran en una matriz de cenizas. La proporción de éstas es muy variable, ya que mientras en unos lugares los fragmentos están empacados unos con otros casi sin ceniza, en otros predomina ésta, y a veces se intercalan capas delgadas de toba. Se trata de un depósito de caída aérea, en o muy cerca de la zona de fuente. Wright y Walker (1977), describen un depósito de co-ignimbrita de rezago en la Ignimbrita Acatlán y lo consideran como formado en o cerca del sitio del colapsamiento continuo de la columna, consistente principalmente en piroclásticos demasiado pesados y grandes, que la columna no pudo soportar.

El espesor del Miembro Inferior de la Riolita Panalillo en la margen norte de la Presa del Peaje es de 243 m y en el Valle de San Luis en el pozo del poblado de La Rivera se cortaron 234 m. Las brechas co-ignimbríticas tienen hasta 30 m de espesor.

Miembro Superior (Trp)

Es un flujo de cenizas riolítico, bien soldado, de poco espesor (10-30 m), que puede presentarse en dos formas:

La primera es una roca de color café claro a rosa claro, de textura microcristalina, porfirítica y eutaxítica, con 5 a 10% de fenocristales de 1-2 mm de cuarzo y sanidino, en una

matriz desvitrificada parcialmente, con esquirlas de vidrio. Tiene pómez delgada bien colapsada y líticos aislados. La segunda es de color gris rosáceo, café o gris rojizo, de textura merocrystalina, porfirítica, fluidal, con un 10 a 15 % de fenocristales de 1 a 4 mm, de cuarzo y sanidino en una matriz parcialmente desvitrificada. Tiene pómez aislada bien colapsada y su característica principal es que presenta numerosas esferulitas de 0.5 a 2 cm rellenas de calcedonia. Presenta una estructura columnar muy típica y forma mesetas planas

Su contacto con el Miembro Inferior es un vitrófido negro de 1-2 m de espesor o bien una zona sin soldar muy delgada (20-50 cm).

d) Relaciones estratigráficas.

Sobreyace a la Ignimbrita Cantera y al Basalto La Placa, y sólo subyace discordantemente al Conglomerado Halcones.

d) Edad.

Su edad se determinó por K/Ar de roca total, dando una edad de 26.8 ± 1.3 Ma, para una muestra del Miembro Superior en el borde del Valle de San Luis, al sur de la Ciudad Capital. Por otra parte, McDowell (*op. cit*), obtuvo una edad por K/Ar de sanidino de 27.6 ± 0.6 , en una cantera del Miembro Superior, localizada en el km 68.2 de la Carretera San Felipe-Ojuelos.

Conglomerado Halcones (Tcgh)

Terciario superior

a). Definición

Informalmente Labarthe-Hernández y Jiménez-López (1992), designaron con este nombre a un conglomerado que descansa discordantemente sobre las rocas volcánicas.

b) Distribución.

Se halla aflorando hacia la porción norte y central de la zona.

c) Litología y espesor.

Consiste de un conglomerado, poco consolidado, sin gradación, con gravas y gravilla, cantos redondeados hasta de 60 cm de diámetro, de todas las rocas volcánicas del área, incluyendo el Miembro Superior de la Riolita Panalillo.

Este conglomerado se encuentra en algunas porciones topográficamente altas, lo que evidencia un rejuvenecimiento fuerte de la zona, llegando a tener más de 50 m sobre el fondo de los arroyos labrados en las unidades volcánicas.

Su espesor es del orden de 2 a 15 m, engrosándose hacia el Valle de San Luis.

d) Relaciones estratigráficas.

Descansa discordantemente sobre todas las rocas volcánicas terciarias del área.

e) Edad.

Aunque no se ha determinado su edad, ya sea por palinología o por fósiles, Labarthe-Hernández y Jiménez-López (1992) lo han colocado tentativamente en el Terciario superior. Consideran que no son del Cuaternario, por el hecho de encontrarse en partes elevadas topográficamente.

B) ROCAS CUATERNARIAS

Pumicita El Desierto (Qd)

Fue descrita originalmente por Tristán-González y Labarthe-Hernández (1979), en la cartografía de la hoja Tepetate, S.L.P. Aflora hacia el sur de la Iglesia del Desierto (unos km al poniente de la ciudad de San Luis Potosí); cerca del panteón de Pozuelos y también en la Carretera Federal No. 80 (San Luis Potosí-Guadalajara) a unos 300 m al sur del Club de Tiro Halcones. Consiste de un horizonte de 0.5 a 2.5 m de espesor, de fragmentos de vidrio del tamaño de ceniza, de color blanco, sin consolidación, bien estratificado y en ocasiones con estratificación cruzada. Hacia su base presenta lentes pequeños de gravas. Consiste de un depósito fluvial de material retrabajado y descansa sobre suelo residual de la roca aflorante en esa zona o directamente sobre la misma roca.

Esta pumicita representa cenizas de caída aérea, actualmente retrabajadas y depositadas en algunos arroyos, provenientes de una actividad explosiva intensa de alguno de los grandes estratovolcanes de la Faja Volcánica Transmexicana y posiblemente sea del Volcán o Nevado de Colima o de la Caldera de la Primavera, Jal., ya que los vientos dominantes van desde ahí hacia la porción central del País.

Aluvión (Q)

Está constituido por gravas, arenas, limos y arcillas que forman los Valles de San Luis Potosí al N y NE, apareciendo también en las vegas de los arroyos principales.

3.2 IGNIMBRITAS

Las ignimbritas son los depósitos de flujos piroclásticos principalmente silíceos en los que predominan los materiales vesiculares juveniles (pómez y agujas de vidrio volcánico).

El término de ignimbrita es usado para la unidad de roca resultante, ya con las respectivas unidades de flujo producidas durante la erupción y el de flujos piroclásticos se restringe para denominar el movimiento del flujo. Para ello existen datos importantes que nos permiten diferenciar una unidad de otra y son:

1. La zonación debido a sus diferentes grados de consolidación.
2. Subdivisiones entre las diferentes unidades de flujo.
3. Estratificación evidenciada por el tamaño de grano.

(Smith, 1960, y Ross y Smith, 1961)

Wilson (1995), considera que se necesitan tres factores para que un magma puede hacer erupción en forma de material piroclástico y no de lava, los cuales son:

1. el alto contenido de volátiles.
2. elevada viscosidad y
3. elevada velocidad de ascenso

3.3 GENERALIDADES DE LA IGNIMBRITA CANTERA

La Ignimbrita Cantera aflora bordeando la Sierra de San Miguelito en sus partes central y sur.

Labarthe-Hernández *et. al.*, 1982, la agruparon en 4 miembros (según las características físicas que presentó en la localidad de Cerro Alto):

El primero es la base de la formación con su base superior brechosa (vitrificado) de color negro, densamente soldado, vítreo, con fenocristales de cuarzo y sanidino.

El miembro 2 es un horizonte rosa claro, parcialmente soldado, con pómez sin colapsar, parcialmente vítreo y en su parte superior con algunas cavidades con fase de vapor. Tiene aproximadamente 30% de fenocristales de cuarzo y sanidino.

El miembro 3 es un afloramiento de roca color café claro, presenta estructura columnar, soldado denso y con pómez colapsada (textura eutaxítica), desvitrificada y aproximadamente 40% de fenocristales de cuarzo y sanidino.

El último miembro es una toba depositada por aire, color rosa, con soldamiento parcial y pómez sin colapsar y con aproximadamente 30% de fenocristales de cuarzo y sanidino.

En el presente trabajo se hace una descripción minuciosa de sólo una parte de este paquete grueso de ignimbrita y para ello se seleccionó un área para realizar el levantamiento de una sección geológica a la altura de la cola de la presa El Potosino, en la parte NE de la misma, debido a que aquí se aprecian muy bien las dos unidades de enfriamiento de la Ignimbrita Cantera (Labarthe-Hernández *op. cit.*) que son: un miembro inferior sin soldar y el miembro superior bien soldado. Ambos miembros son fácilmente distinguibles tanto por su morfología como por su color. En el miembro superior con fuerte soldamiento se destaca notablemente el fracturamiento columnar de su parte superior.

El miembro inferior, está constituido por varias unidades de flujo piroclástico se caracteriza por su color blanquizco a rosa, de aspecto masivo y principalmente por su contenido de pómez blanca sin colapsar en un rango de tamaño desde 0.5 hasta 3 cm, con 10 a 15% de fenocristales de cuarzo, sanidino y biotita de 1 a 3 mm, en una matriz de ceniza, con 1 a 3% de líticos rojizos (arenisca) y de rocas volcánicas no mayores de 1cm.

El miembro superior consiste de un flujo bien soldado de una roca color gris rosáceo a café grisáceo, con pómez gris y ocre colapsadas y blanca sin colapsar, pero esta última se encuentra sólo en la base cerca del contacto con el miembro inferior de la ignimbrita. En general, la pómez presenta textura eutaxítica (excepto la pómez blanca) en un amplio rango de tamaño, llegando a tener hasta 15 cm; en algunas partes se observaron estructuras de imbricación cuya posición nos indicaba una dirección del flujo hacia el poniente. Los fenocristales aumentan en porcentaje conforme se avanza a la cima desde un 15% hasta 40% de cuarzo, sanidino y la biotita que varía de 1 a 4 mm, se caracteriza en este miembro por presentarse de color café cobrizo a rojizo debido a un enriquecimiento en magnesio y titanio (3 a 5%); 1 a 2% de líticos rojizos de arenisca y grisáceos de rocas volcánicas de hasta 6 mm. Esta unidad se caracteriza por el desarrollo de diaclasas en estructura columnar. (Ver anexo 1, Sección geológica).

4. PETROGRAFÍA

4.1 Introducción.

El estudio petrográfico de la Ignimbrita Cantera se enfocó a cambios texturales y mineralógicos, más que a definir composición, ya que ésta fue determinada por Aranda-Gómez (1982). Para ello se revisaron 25 láminas delgadas al microscopio óptico, también se mandaron a analizar por un difractor de rayos X una selección de muestras, para tratar de definir la composición exacta de las plagioclasas, pero por el porcentaje tan pequeño que tenían no se obtuvieron resultados favorables.

4.2 Petrografía de la Ignimbrita Cantera

4.2.1 Ignimbrita Cantera sin soldar (Tic)

En esta unidad se tomaron 14 muestras para su estudio petrográfico, de las que se obtuvo la siguiente información:

Se trata de diferentes unidades de flujo que se comportan como una unidad de enfriamiento simple que en su base consiste de la porción sin soldar de un flujo de cenizas riolítico; a la cima hay gradación inversa de pómez blanca, un horizonte con pómez ocre bandeadada casi en el contacto con el miembro piroconsolidado y cerca de la base un horizonte enriquecido en líticos rojizos de arenisca y grises de roca volcánica (riolita). Los fenocristales son de 7-10% de cuarzo > sanidino > biotita >> plagioclasa; la biotita aumenta de contenido conforme se acerca a la cima de esta unidad y la plagioclasa desaparece en algunos horizontes. El espesor en la sección es de 86 m.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO

No. de Muestra: 1

Descripción Megascópica: Roca ígnea extrusiva, color crema, merocristalina, compacta, 7-10% de cristales de grano medio de cuarzo > sanidino > biotita oxidada, 3-5% de pómez blanca sin cristales, fibrosa, con vesículas; 3-5% de líticos rojizos y grises de hasta 1.5 cm.

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: subhedrales a anhedrales de cuarzo ($\leq 2\text{mm}$), sanidino ($\leq 0.6\text{ mm}$), biotita ($\leq 0.1\text{ mm}$) y plagioclasa ($\leq 0.8\text{ mm}$)

Textura: Seriada y algunos cristales con textura granofírica, que consiste en el intercrecimiento de cuarzo y feldespato.

Matriz: tiene incipiente desvitrificación indicada por la presencia de esferulitas.

Observaciones: hay aproximadamente 8% de cristales fragmentados y angulosos, algunos de los cuales tienen inclusión de biotita, sobre todo los cuarzos. La matriz esta compuesta de ceniza fina, numerosas esquirlas de vidrio y clastos de pómez sin colapsar con o sin fragmentos de cristales. Fotografías 1, 2 y 3.

No. de Muestra: 2

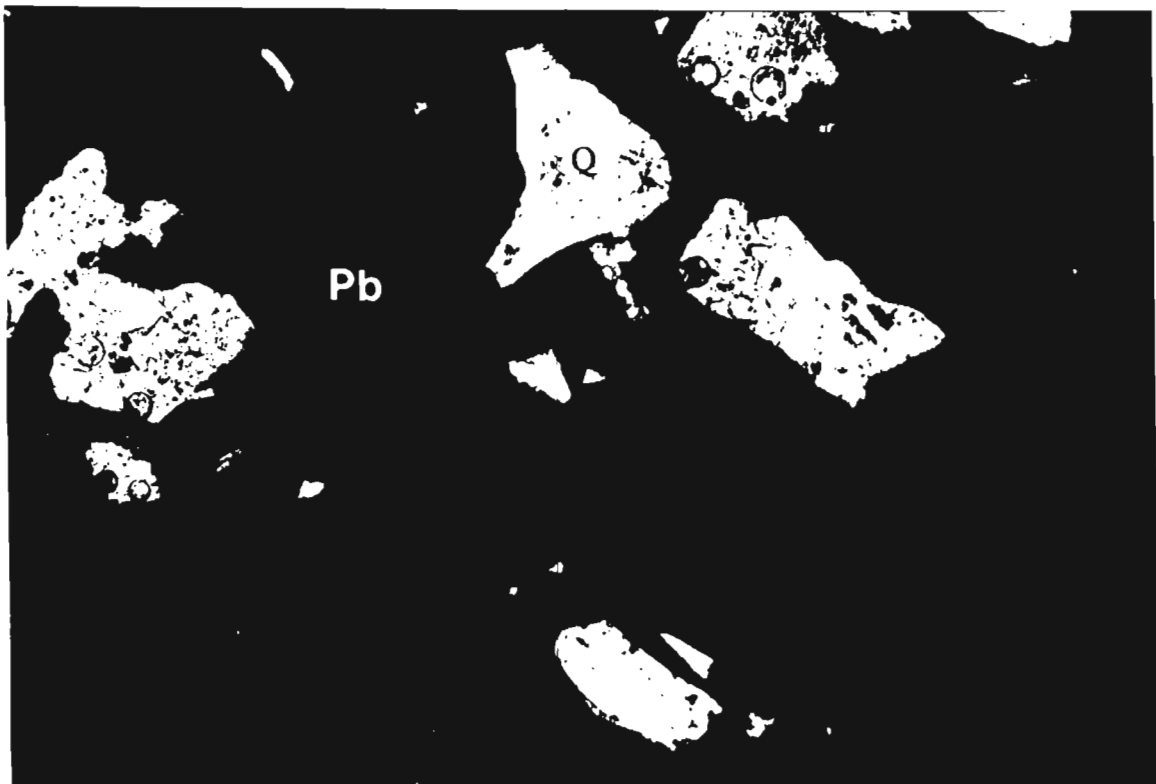
Descripción Megascópica: Roca ígnea extrusiva, color crema, merocristalina, compacta, 7-10% de cristales de grano medio a fino de cuarzo, sanidino y biotita, aproximadamente 20% de pómez blanca de hasta 2.5 cm de tamaño, con cristales; < 1% de líticos rojizos y grises de hasta 0.5 cm. Intemperiza a color ocre.

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

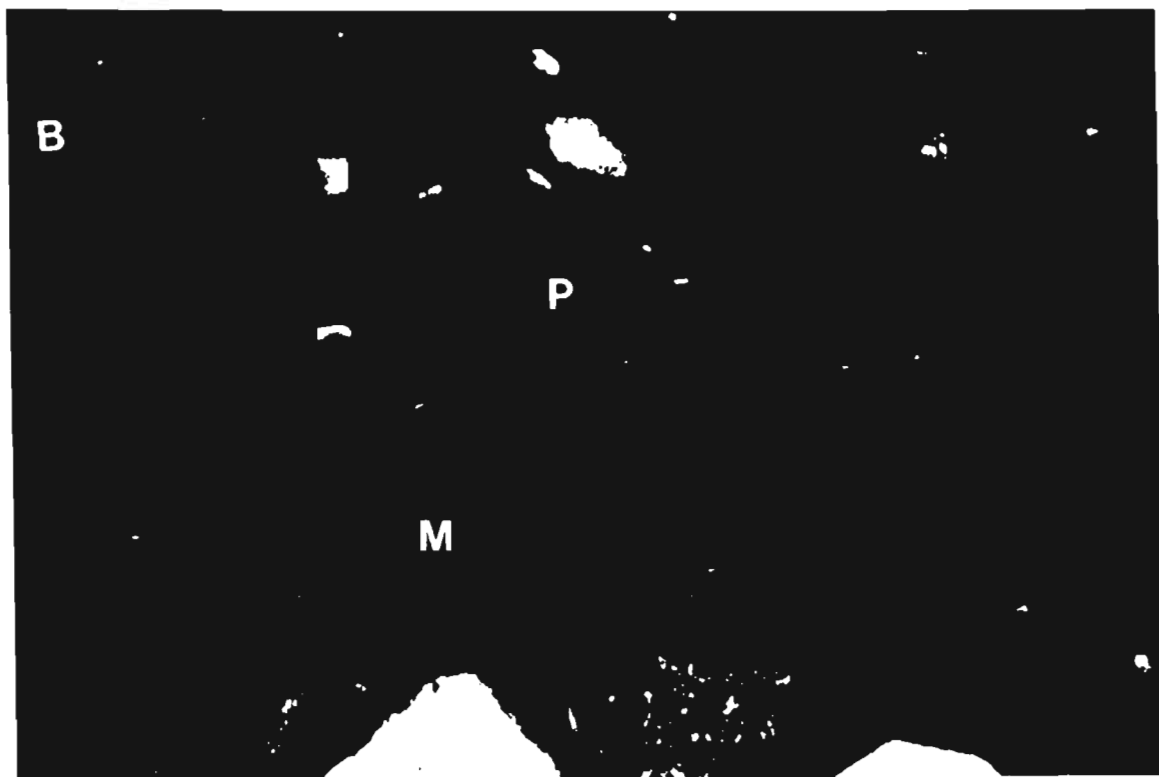
Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: subhedrales a anhedrales de cuarzo ($\leq 1.4\text{ mm}$), sanidino ($\leq 0.6\text{ mm}$) y la biotita es de euhedral a anhedral ($\leq 1\text{ mm}$).



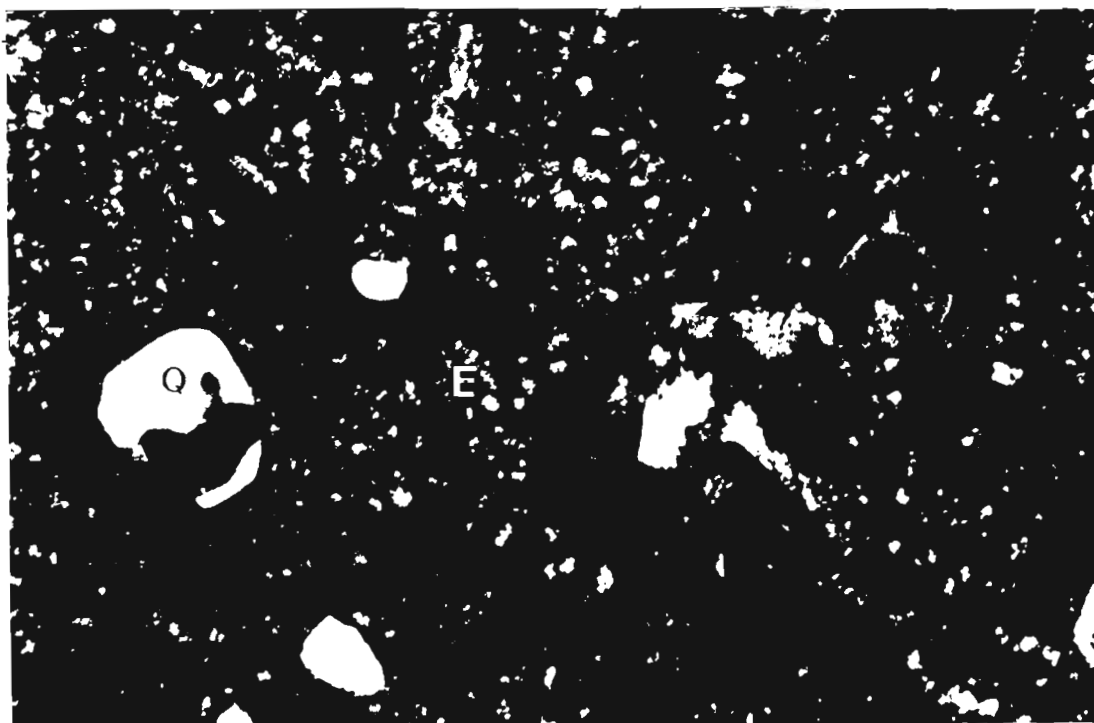
1. Pómez blanca (Pb) sin colapsar y fragmentos angulosos de cuarzo (Q) en matriz de ceniza fina. Muestra 1. Luz natural. 5x

Área de la foto 2.5 x 1.8 mm

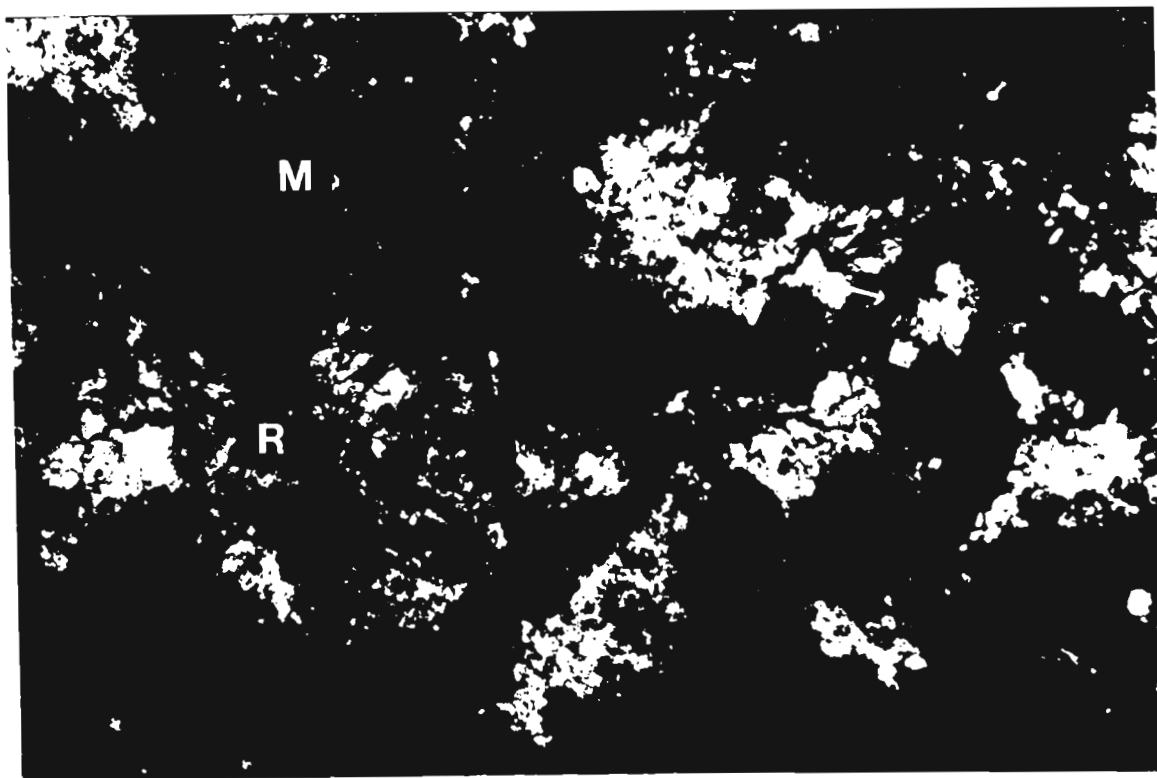


2. Se aprecia el límite entre un clasto de pómez (P) con cristales de biotita (B) incluidos y una matriz (M) de ceniza fina. Nícoles cruzados. 5x. Muestra 1-A

Área de la foto 2.5 x 1.8 mm



3. Esferulitas (E) en la pómez indicando la desvitrificación de la muestra. Se observa también reabsorción en los fragmentos de cuarzo (Q). Muestra 1. Nicoles cruzados. 5x. Área de la foto 2.5 x 1.8 mm



4. Muestra 5. Se aprecian cristales de óxidos de titanio (R) en matriz (M) desvitrificada. Nicoles cruzados. 5x

Textura: seriada.

Matriz: tiene incipiente desvitrificación indicada por la presencia de esferulitas.

Observaciones: hay aproximadamente 10% de cristales fragmentados y angulosos, algunos con los bordes corroídos y en otros la matriz formando islas dentro del cristal. La matriz está compuesta de ceniza fina, numerosas esquirlas de vidrio y clastos de pómez sin colapsar con fragmentos de cristales y amígdalas. Óxidos de hierro como accesorios.

No. de Muestra: 3

Descripción Megascópica: Roca ígnea extrusiva, color crema, merocrystalina, leucocrática, compacta, aproximadamente 10% de cristales de grano fino de cuarzo, sanidino y biotita, 15 a 20% de pómez blanca, fibrosa, con cristales de biotita de hasta 1.7 cm de tamaño; 3% de líticos de rocas volcánicas de 1.7 cm.

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocrystalina

Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: cuarzo euhedral a anhedral (≤ 1.3 mm); el sanidino (≤ 3 mm) y la plagioclasa (≤ 1.4 mm) son subhedrales y la biotita generalmente es euhedral (≤ 0.6 mm).

Textura: seriada.

Matriz: tiene incipiente desvitrificación indicada por la presencia de esferulitas.

Observaciones: los cristales (aproximadamente 10%) presentan sus bordes reabsorbidos. La matriz está compuesta de fragmentos de vidrio en forma de media luna (shards) y engloba clastos de pómez sin colapsar y fragmentos de cristales. Hay líticos escasos de roca volcánica y rojizos. Circón y óxidos de hierro como minerales accesorios

No. de Muestra: 4

Descripción Megascópica: Roca ígnea extrusiva, color rosa violácea, merocrystalina, leucocrática, compacta, con 10% de cristales de grano fino de cuarzo, sanidino, biotita, 15% de pómez blanca y pómez ocre bandeada de hasta 1.8 cm. Hay muy pocos líticos (2%)

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: subhedrales a anhedrales de cuarzo (≤ 2 mm) y sanidino (≤ 1.2 mm).

La biotita es tabular (≤ 0.8 mm) aunque también se presenta anhedral.

Textura: ligeramente desvitrificada

Matriz: tiene incipiente desvitrificación indicada por la presencia de esferulitas.

Observaciones: aproximadamente 16% de cristales de los que la mayoría presentan reabsorción en sus bordes y en sus interior (formando islas), otros presentan estructura de rompecabezas. La matriz es de ceniza fina en la que hay una porción pequeña con esferulitas y clastos de pómez sin colapsar. Minerales accesorios: óxidos de fierro y circón

No. de Muestra: 4-A

Descripción Megascópica: Roca ígnea extrusiva, color crema pardo, merocristalina, leucocrática, compacta, ≈ 10 a 15 % de cristales de grano fino de cuarzo, sanidino, biotita; 10% de pómez blanca y ocre bandeada; 1% de líticos rojizos y grises de hasta 0.4 cm.

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: euhedrales a anhedrales de cuarzo (≤ 1.6 mm), sanidino (≤ 0.8 mm) y plagioclasa anhedral (≤ 1.2 mm). La biotita es subhedral 0.5 mm.

Textura: seriada

Matriz: vítrea con incipiente desvitrificación.

Observaciones: en esta lámina existen aproximadamente 16% de fenocristales corroídos, con islas. La pómez contiene cristales de cuarzo y sanidino. La matriz es de ceniza fina, en la que se observa incipiente desvitrificación por la presencia de esferulitas. Como minerales accesorios hay óxidos de fierro y circón.

No. de Muestra: 4-B

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: euhedral a anhedral de cuarzo (≤ 2 mm), y sanidino anhedral (≤ 1 mm) y la biotita es generalmente tabular subhedral de hasta 0.5 mm.

Textura: seriada, ocasionalmente perlítica.

Matriz: con ligera desvitrificación.

Observaciones: 9 % de cristales algunos con sus bordes corroídos, fracturados y en otros la matriz esta formando islas dentro ellos. La matriz es de ceniza fina con clastos de pómez sin colapsar, con y sin cristales, también hay pómez bandeada. Óxidos de fierro y circón como minerales accesorios.

No. de Muestra: 5

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: subhedral a anhedral de cuarzo (≤ 2 mm), sanidino (≤ 1.2 mm) y plagioclasa (≤ 0.5 mm). La biotita generalmente es tabular de 0.8mm, aunque a veces es anhedral.

Textura: seriada.

Matriz: desvitrificada.

Observaciones: en esta lámina existen aproximadamente 10% de cristales de los que predominan los fenocristales de 1 a 2 mm. La pómez está sin colapsar y hay muchos cristales en los que no se llegó a formar completamente una textura granofírica.

Como minerales accesorios hay óxidos de fierro y titanio (rutilo?). Fotografías 4 y 17. En la primera se destaca el rutilo? que se distinguió por su hábito, debido a que los cristales son muy pequeños para obtenerle sus propiedades ópticas; en la segunda se aprecia

perfectamente el aplanamiento de la tubos de la pómez alrededor de los bordes del cristal de cuarzo.

No. de Muestra: 5-A

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: subhedrales a anhedrales de cuarzo ($\leq 2\text{mm}$), sanidino ($\leq 1.2\text{ mm}$) y plagioclasa ($\leq 0.5\text{ mm}$). La biotita generalmente es tabular de 0.8mm, aunque a veces es anhedral.

Textura: seriada.

Matriz: desvitrificada.

Observaciones: los cristales están reabsorbidos en sus bordes e interior formando islas dentro del cristal. La pómez tiene cristales

Como minerales accesorios hay óxidos de fierro.

En la fotografía 6 se aprecia un aspecto de la textura granofirica en la que no existieron las condiciones favorables para su mejor desarrollo.

No. de Muestra: 6

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

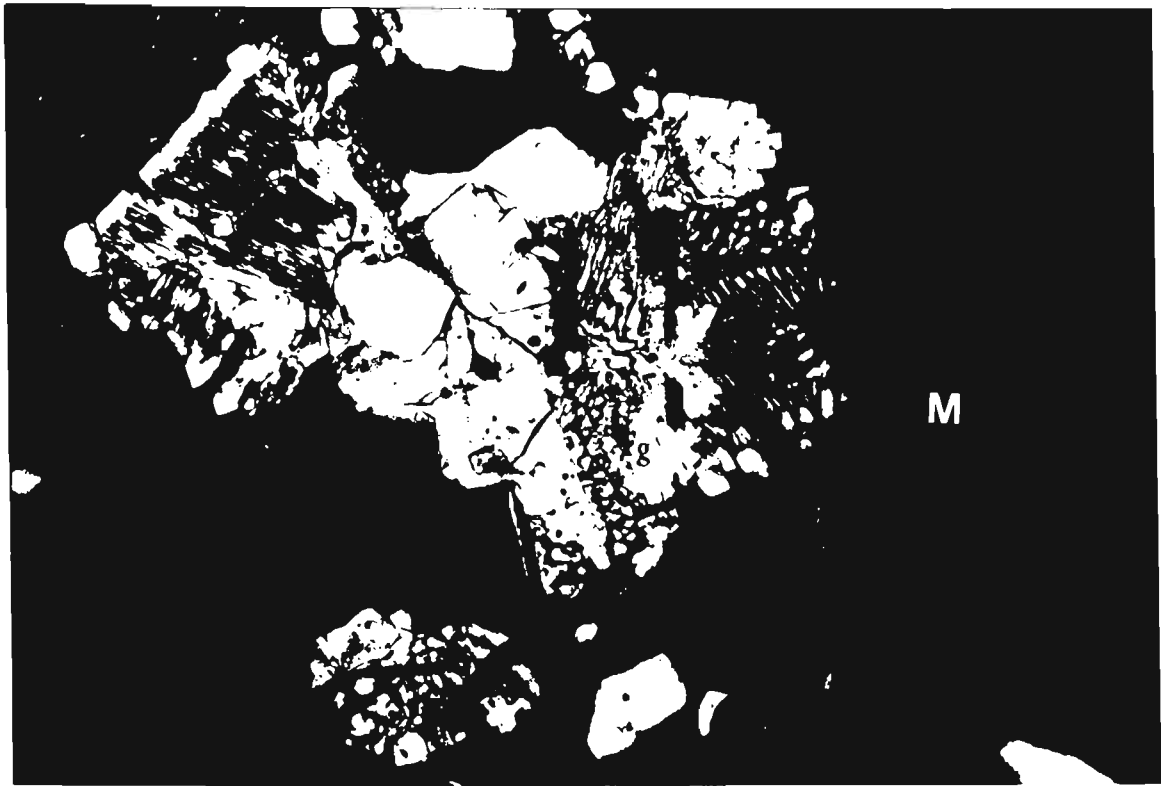
Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: subhedrales a anhedrales de cuarzo ($\leq 1.2\text{mm}$) y sanidino ($\leq 1.4\text{ mm}$). La biotita es tabular pero también anhedral de 0.8 mm.

Textura: seriada

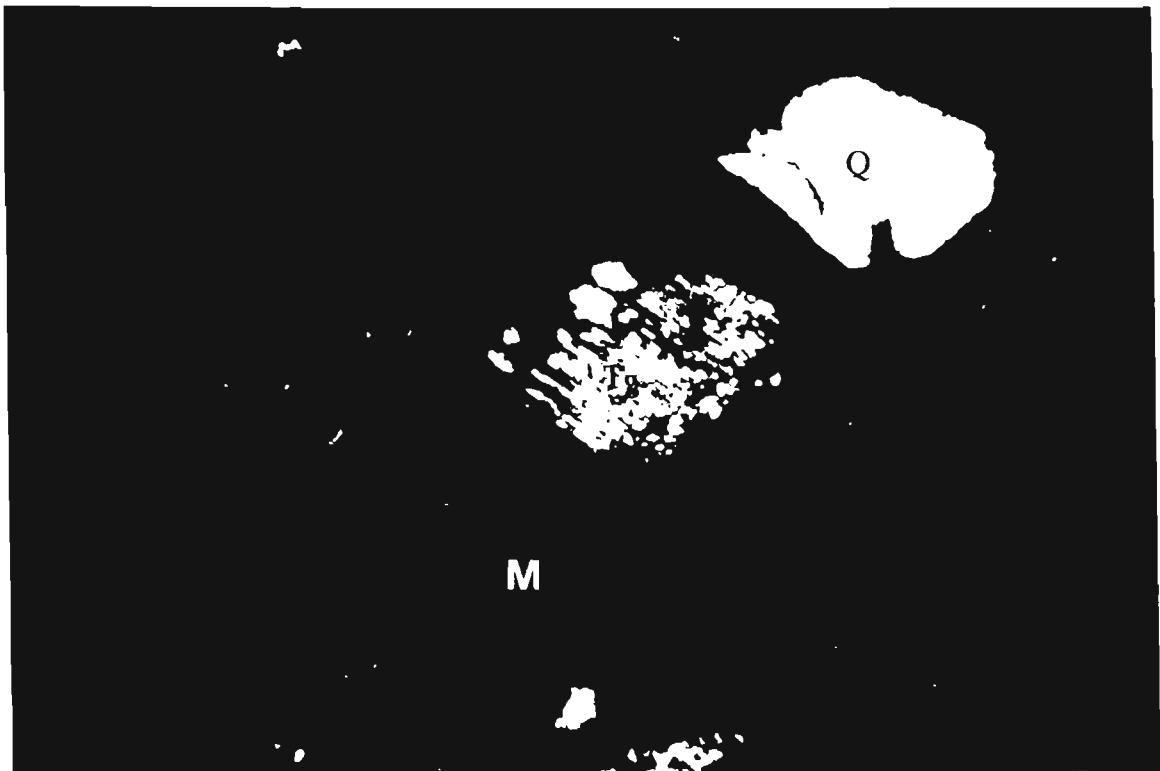
Matriz: vítrea.

Observaciones: en esta lámina aproximadamente son 8% de cristales de los que predominan los menores a 1 mm. Los cristales están corroídos, rotos y fragmentos angulosos pequeños menores de 1 mm. La pómez está sin colapsar y contiene cristales. Hay óxidos de fierro



5. Aspecto de la textura granofírica (Tg) que consiste en el intercrecimiento de cuarzo y feldespato, dentro de una matriz de ceniza fina (M). Muestra 6. Nícoles cruzados. 5x.

Área de la foto 2.5 x 1.8 mm



6. Otro aspecto de la textura granofírica (Tg) en la muestra 5-A. Nícoles cruzados. 5x.

Área de la foto 2.5 x 1.8 mm

como minerales accesorios. En la fotografía 5 se expone excelentemente la textura granofírica, que consiste en el intercrecimiento de cuarzo y feldespato potásico, y que se diferencia de la micrográfica porque en ésta el intercrecimiento es en forma de cuña.

No. de Muestra: 7

Descripción Megascópica: Roca ígnea extrusiva, color crema pardo, merocristalina, leucocrática, compacta, \approx 10 a 15 % de cristales de grano fino de cuarzo, sanidino, biotita (1%); aproximadamente 10% de pómez blanca y ocre bandeada; 1% de líticos rojizos y grises de hasta 0.4 cm.

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: subhedrales a anhedrales de cuarzo (\leq 2mm), sanidino (\leq 1.2 mm) y plagioclasa (\leq 1.2 mm). La biotita es tabular de 0.4 mm, aunque a veces es subhedral.

Textura: seriada

Matriz: desvitrificada.

Observaciones: en esta lámina existen aproximadamente 18% de cristales de los que predominan los menores a 1 mm; están corroídos, con islas y algunas plagioclasas están zonadas. La mayoría de los cristales están rotos.

La pómez está colapsada y desvitrificada; en algunas ocasiones en forma de abanicos de desvitrificación (fan shape), amígdalas y agujas de vidrio.

Como minerales accesorios hay óxidos de hierro y circón. Fotografías 7 y 8.

No. de Muestra: 7-A

Descripción Microscópica:

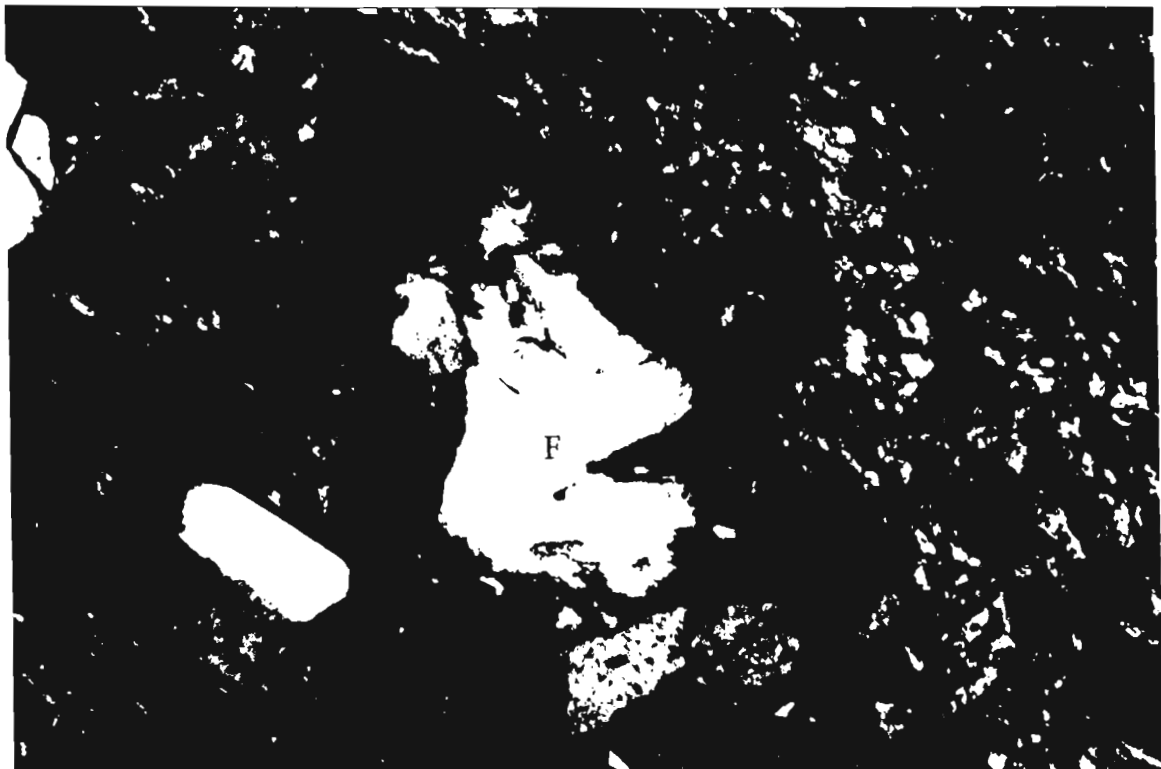
Grado de cristalinidad: merocristalina

Granularidad: inequigranular



Arca de la foto 2.5 x 1.8 mm

7. En esta lámina se observa un cristal de zircón (Z) y cuarzo (Q). Además de cristales anhedrales de sanidino (S) y biotita (B); la matriz está desvitrificada y aún se aprecian agujas de vidrio volcánico (Gs), también hay amígdalas (A). Muestra No. 7. Nícoles cruzados. 10x.



8. En esta foto (Muestra No. 7) la pómez (P) está desvitrificada. En la matriz hay agujas de vidrio volcánico (Gs), abanicos de desvitrificación (F) y fragmentos de plagioclasa (Pg) y sanidino (S). Nícoles cruzados. 5x.

Forma de los cristales: euhedrales a anhedrales de cuarzo (≤ 2.4 mm), el sanidino es subhedral (≤ 1.2 mm) y plagioclasa (≤ 0.6 mm). La biotita es tabular algunas de formas curvadas y otras anhedrales de 0.7 mm.

Textura: seriada

Matriz: desvitrificada.

Observaciones: en esta lámina existen $\approx 18\%$ de cristales en matriz desvitrificada con esquirlas de vidrio, amígdalas y esferulitas.

Como minerales accesorios hay óxidos de hierro y circón.

No. de Muestra: 8

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: subhedrales a anhedrales de cuarzo (≤ 1.5 mm), sanidino (≤ 1.2 mm) y plagioclasa (≤ 1.2 mm) es muy escasa. La biotita es tabular de 0.4 mm, aunque a veces es subhedral.

Textura: porfirítica

Matriz: desvitrificada.

Observaciones: la pómez está ligeramente colapsada y contiene cristales de cuarzo, sanidino y también se le observa recristalización.

Los minerales accesorios son óxidos de hierro y circón.

No. de Muestra: 9

Descripción Megascópica: Roca ígnea extrusiva, color crema anaranjado, merocristalina, leucocrática, compacta, aproximadamente 7% de cristales de grano fino de cuarzo, sanidino, biotita; y aproximadamente 7% de pómez blanca fibrosa intemperizada.

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: subhedrales a anhedrales de cuarzo (≤ 2.2 mm), sanidino (≤ 1.6 mm) y biotita tabular de 0.4 mm, aunque a veces es euhedral.

Textura: porfirítica

Matriz: vítrea con incipiente desvitrificación.

Observaciones: la matriz tiene agujas de vidrio en forma de plaquitas y medias lunas, los fragmentos presentan desvitrificación en sus bordes.

La pómez está alterada (sólo los fragmentos grandes). Los minerales accesorios son óxidos de hierro y circón.

No. de Muestra: 10

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

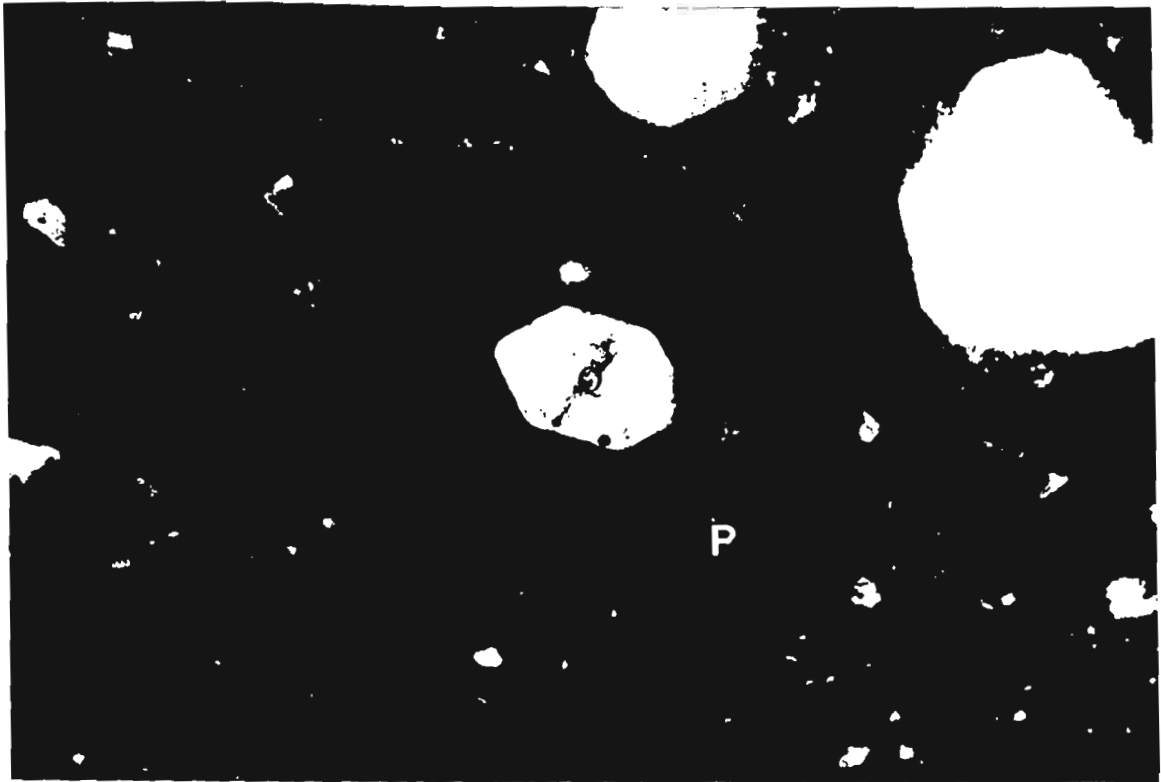
Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: euhedral a anhedrales de cuarzo (≤ 2.2 mm); sanidino anhedral (≤ 2.2 mm) y biotita euhedral a anhedral de hasta 0.7 mm.

Textura: porfirítica

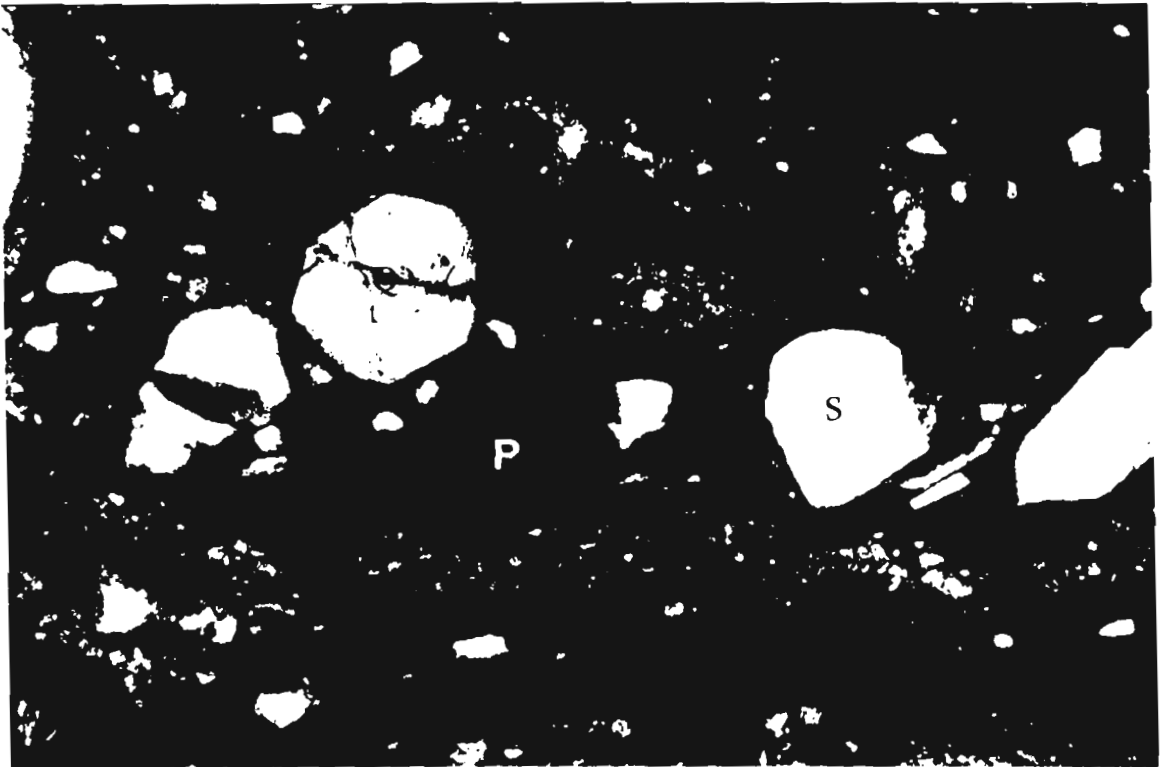
Matriz: criptocristalina

Observaciones: la matriz tiene fragmentos de vidrio y algunos cristales tienen una aureola de reacción. La pómez tiene textura eutaxítica con fenocristales de cuarzo (algunos euhedrales) y sanidino, pero predominantemente hay microcristales desde 0.02 a 0.02 mm. Óxidos de hierro como minerales accesorios. Fotografías 9 y 10



Área de la foto 2.5 x 1.8 mm

9. Aspecto de la pómez (P) colapsada con la característica textura eutaxítica, con contenido de cristales de cuarzo (Q) en una matriz criptocristalina. Muestra No. 10. Nícoles cruzados. 5x.



Área de la foto 2.5 x 1.8 mm

10. En esta foto se observa otro aspecto de la pómez (P) en forma de *fiamme* de la muestra No. 10 con cristales de cuarzo (Q) y sanidino (S). La matriz (M) es microcristalina. Nícoles cruzados. 5x.

4.2.2 Ignimbrita Cantera Soldada (Tics)

En esta unidad al igual que en la anterior se tomaron 11 muestras de las diferentes horizontes de interés, en las que se detectó pómez ocre y gris colapsada; la pómez ocre se presenta en todo el miembro, mientras que la pómez gris colapsada sólo en la parte media de la unidad; ambas presentan textura eutaxítica. El afloramiento es una roca color gris rosáceo a café grisáceo, de textura mero a holocristalina. Los fenocristales, por lo general rotos, aumentan en porcentaje conforme se avanza estratigráficamente hasta en 40% (Capa 3, Figura 8) de cristales anhedrales a subhedrales de sanidino > cuarzo > biotita, que se presenta café cobrizo a café rojizo; la plagioclasa, aunque es muy escasa (generalmente < 1%), se presenta en toda la unidad de enfriamiento; la matriz muestra textura vitroclástica, presenta desvitrificación de grano más grueso (fase de vapor) alrededor de algunos fenocristales y adentro de algunos fragmentos de pómez colapsada y hacia la cima hay alteración. Su espesor en la sección es de 110 m

ANÁLISIS PETROGRÁFICO

No. de Muestra: 11

Descripción Megascópica: Roca ígnea extrusiva, color gris rosácea, merocristalina, leucocrática, compacta, con textura eutaxítica y \approx 10 a 15 % de cristales de grano fino de cuarzo, sanidino, biotita; 5% de pómez ocre colapsada; 3% de líticos rojizos y grises de hasta 0.6 mm.

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: subhedrales a anhedrales de cuarzo (a veces se presenta euhedral) de 1.6 mm; sanidino de 1.4 mm; mica oscura euhedral y plagioclasa (\leq 0.5 mm).

Textura: seriada

Matriz: ceniza fina

Observaciones: la pómez está colapsada y contiene fragmentos de cristales de cuarzo desde 0.04 a 0.6 mm; los cristales grandes son subhedrales, presentando sus bordes reabsorbidos, con cierta tendencia de alineamiento dentro de la pómez. Hay aproximadamente 12 % de cristales y algunos con textura granofírica. Minerales accesorios: óxidos de fierro.

No. de Muestra: 11-A

Descripción Megascópica: Roca ígnea extrusiva, color gris pardo, merocristalina, compacta, con textura eutaxítica, la pómez es de color gris y hay aproximadamente 17% de cristales de grano medio de sanidino > cuarzo > mica oscura muy oxidada, 10% de pómez gris de 1 cm de tamaño máximo.

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: subhedrales a anhedrales de cuarzo (≤ 1.6 mm), sanidino (≤ 1 mm) y la mica se presenta tabular, oxidada, hasta de 1.3 mm.

Textura: seriada

Matriz: criptocristalina.

Observaciones: los fenocristales (16%) se presentan generalmente rotos y con los bordes reabsorbidos al igual que en su interior. Están soportados en una matriz de ceniza fina que contiene clastos de pómez colapsada. En partes se ve desvitrificación. Los minerales accesorios son óxidos de fierro y circón.

No. de Muestra: 12

Descripción Megascópica: Roca ígnea extrusiva, de color gris pardo, merocristalina, compacta, con textura eutaxítica; la pómez es de color gris y hay aproximadamente 17% de cristales de grano medio de sanidino > cuarzo > mica oscura muy oxidada, 10% de pómez gris de 1 cm de máximo tamaño.

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: euhedrales a anhedrales de cuarzo (≤ 2.2 mm); el sanidino es de subhedral a anhedral (≤ 2.4 mm) y la plagioclasa se presenta de euhedral a subhedral de hasta 0.9 mm.

Textura: seriada

Matriz: con desvitrificación incipiente.

Observaciones: los cristales están reabsorbidos en sus bordes y en su interior. La matriz es de ceniza fina que en partes se ve desvitrificada. Los minerales accesorios son óxidos de hierro y circón.

No. de Muestra: 13

Descripción Megascópica: Roca ígnea extrusiva, color pardo rosáceo, en algunas partes ocre; merocristalina, aproximadamente 15-20% de cristales de grano fino de cuarzo, sanidino y biotita café rojiza debido a que esta enriquecida de magnesio; 1 % de líticos rojizos de hasta 6 mm de tamaño.

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: subhedrales a anhedrales: el cuarzo de hasta 1.7 mm de tamaño, el sanidino de 2.0 mm, la plagioclasa de 0.8 mm y generalmente la mica está tabular y oxidada.

Textura: porfirítica

Matriz: ligeramente desvitrificada.

Observaciones: la matriz tiene pómez colapsada (textura eutaxítica) con cristales euhedrales a anhedrales de cuarzo, sanidino, plagioclasa y mica oscura. En los bordes de los cristales las agujas de vidrio están deformadas y compactadas. Hay óxidos de Fe como minerales accesorios.

No. de Muestra: 14

Descripción Megascópica: Roca ígnea extrusiva, color gris pardo, merocristalina, compacta; con aproximadamente 15% de cristales de grano fino a medio de sanidino > cuarzo > mica muy oxidada; 3% de pómez ocre colapsada de 2 cm de máximo tamaño y 2% de líticos de roca volcánica.

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: subhedrales a anhedrales de cuarzo roto (≤ 2.6 mm); el sanidino está fragmentado y su tamaño varía hasta 1 mm; los cristales de plagioclasa son los que llegan a presentar el máximo tamaño en la lámina (hasta 2.5 mm)

Textura: seriada, cristales aislados con textura granofírica.

Matriz: criptocristalina, desvitrificada.

Observaciones: los cristales están reabsorbidos en sus bordes y en su interior. Los minerales accesorios son óxidos de hierro y circón.

No. de Muestra: 15

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

Granularidad: inequigranular

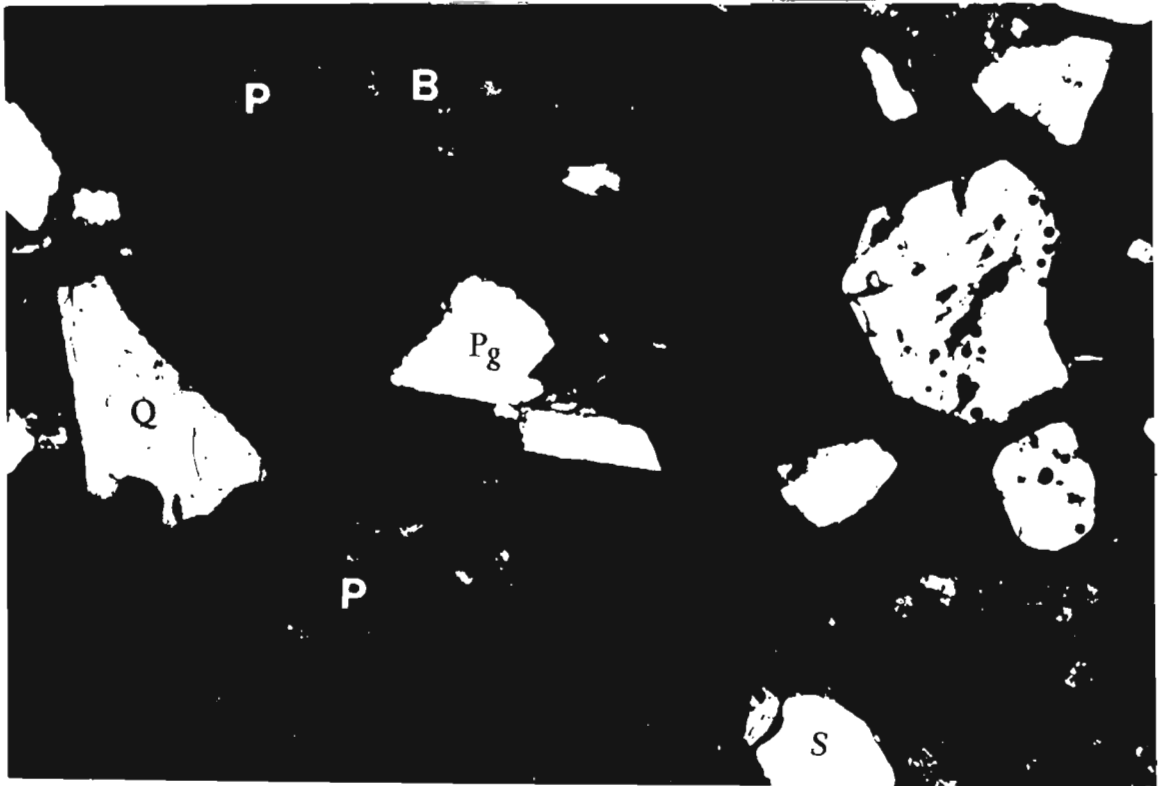
Forma de los cristales: cuarzo euedral a subedral (≤ 3.2 mm), el sanidino es subedral ($\leq .8$ mm) y la mica oscura es tabular aunque también se presenta anhedral.

Textura: seriada

Matriz: vítrea con incipiente desvitrificación.

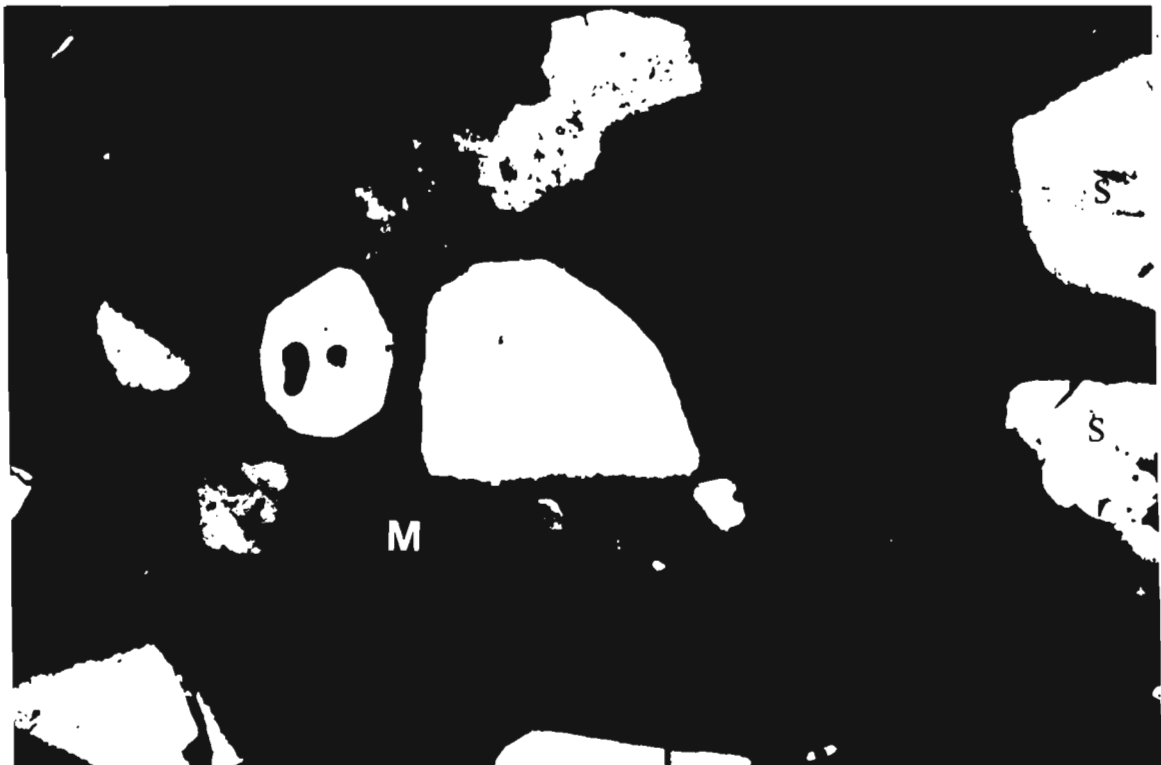
Observaciones: la matriz es vítrea con cristales (16%) angulosos y fragmentados, con los bordes reabsorbidos. La pómez gris está colapsada y tiene fenocristales (aproximadamente 1%) de subangulares a subredondeados de cuarzo y sanidino. Óxidos de Fe como minerales accesorios.

Fotografías 11 y 12



Área de la foto 2.5 x 1.8 mm

11. Pómez gris (P) colapsada con cristales de sanidino (S) y biotita (B); la matriz (M) es vítrea en la que se aprecian cristales corroidos de cuarzo (Q) y plagioclasa (Pg). Muestra No. 15. Nícoles cruzados. 5x.



12. Muestra No. 15 en la que se observa la reabsorción de los cristales de cuarzo (Q) y sanidino (S) en la matriz (M) vítrea. Nícoles cruzados. 5x.

Área de la foto 2.5 x 1.8 mm

No. de Muestra: 16

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocrystalina

Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: subhedrales a anhedral de cuarzo (≤ 2.5 mm), sanidino (≤ 0.8 mm); plagioclasa (≤ 0.8 mm). La mica oscura es tabular de 0.4 mm.

Textura: seriada

Matriz: criptocrystalina, desvitrificada.

Observaciones: aproximadamente 20% de cristales, de los cuales la mayoría están rotos (en estructura de rompecabezas). Hay pómez sin colapsar y pómez colapsada. La matriz es microcrystalina y con texturas de desvitrificación (esferulitas). Hay óxidos fierro y titanio (rutilo?) como minerales accesorios. Fotografía 13, 14

No. de Muestra: 17

Descripción Megascópica: Roca ígnea extrusiva, color gris violeta, merocrystalina, leucocrática, compacta, con 10 a 15 % de cristales de grano medio a fino de cuarzo euhedral a anhedral, sanidino y biotita; 2% de líticos rojizos $>$ de 2 cm $<$ de 5 cm.

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocrystalina

Granularidad: inequigranular

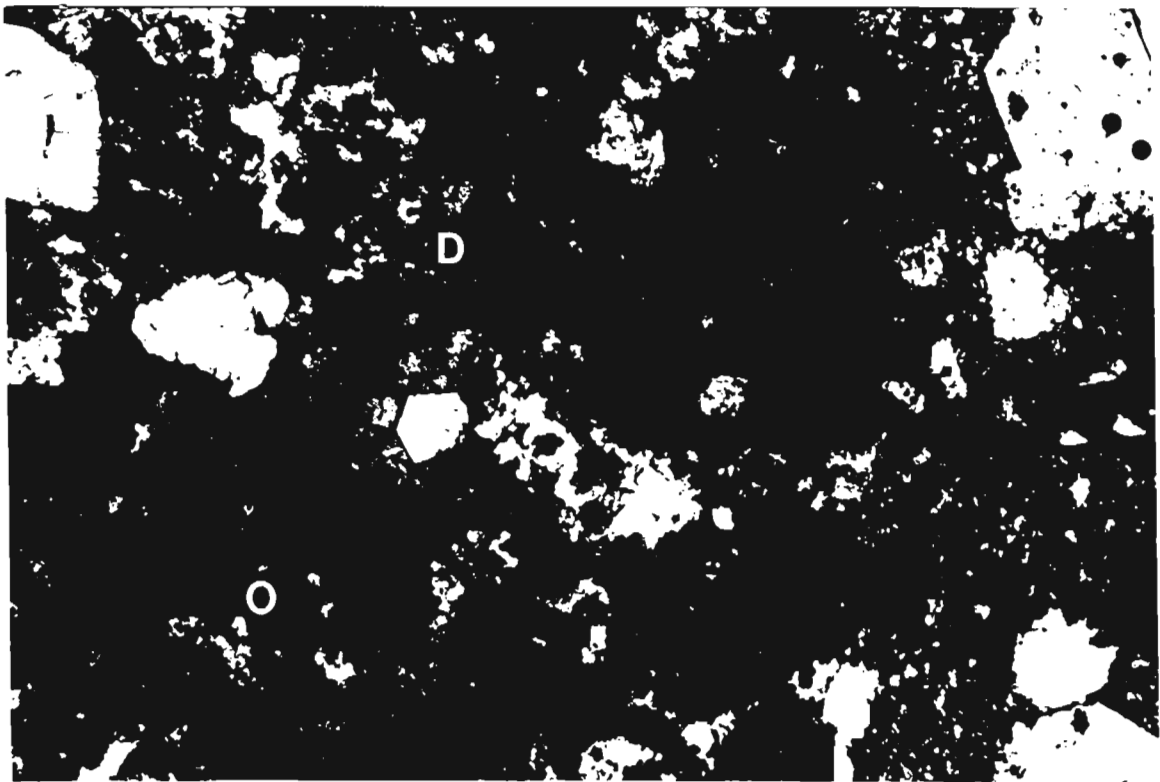
Forma de los cristales: cuarzo euhedral a subhedral (≤ 2 mm), sanidino subhedral a anhedral de 1.6 mm; la plagioclasa también se presenta de subhedral a anhedral (≤ 1.2 mm) y la mica oscura es casi siempre tabular de hasta 0.7 mm.

Textura: seriada

Matriz: microcrystalina, desvitrificada.

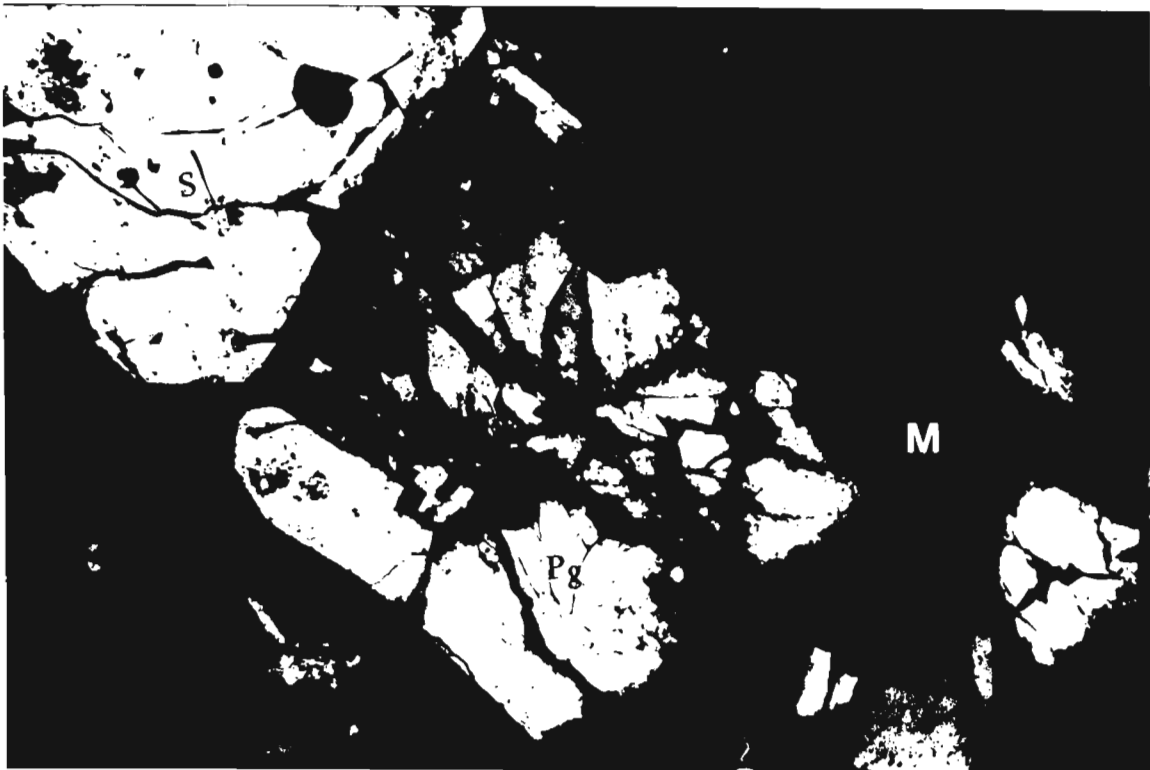
Observaciones: los cristales están muy fragmentados y rotos. La matriz tiene agujas de vidrio, clastos de pómez sin cristales y otras con cristales de cuarzo y sanidino. Fotografías 15 y 16.

Minerales accesorios: óxidos de fierro y circón.



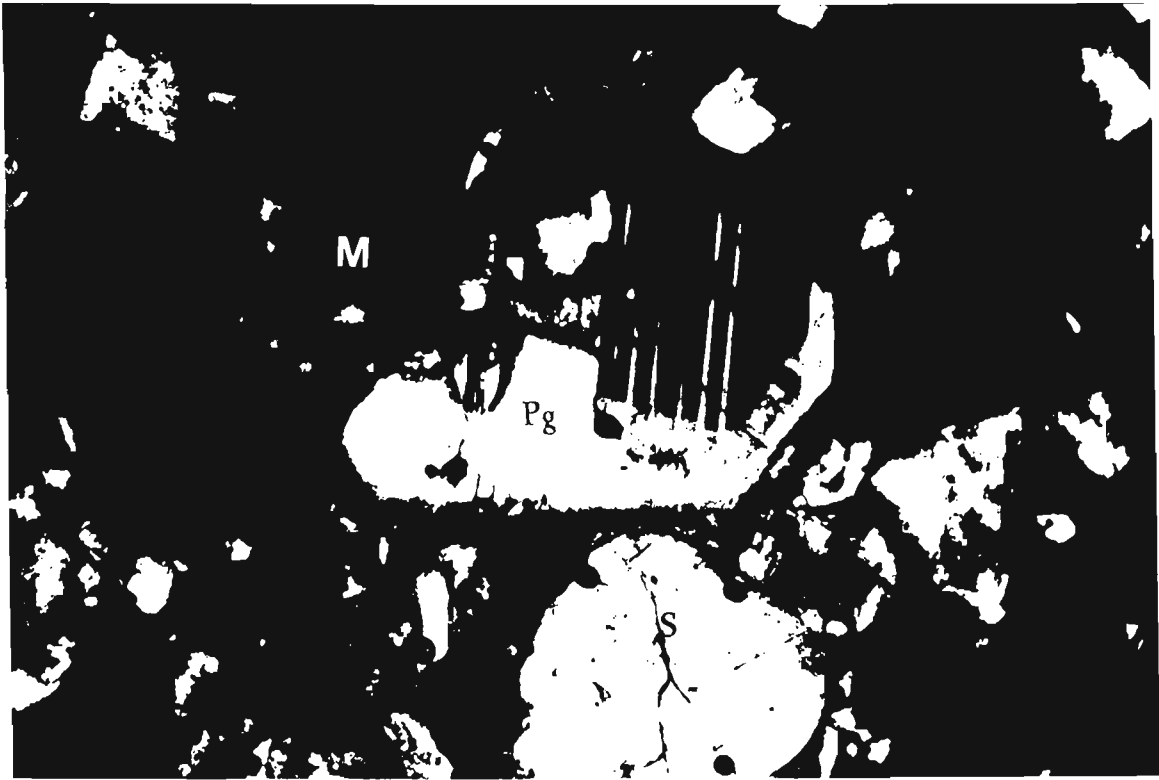
Área de la foto 2.5 x 1.8 mm

13. En esta fotografía se aprecia fuerte desvitrificación (D) de la matriz, además de óxidos (O) y sanidino (S) subhedral. Muestra No. 16. Nícoles cruzados. 5x.



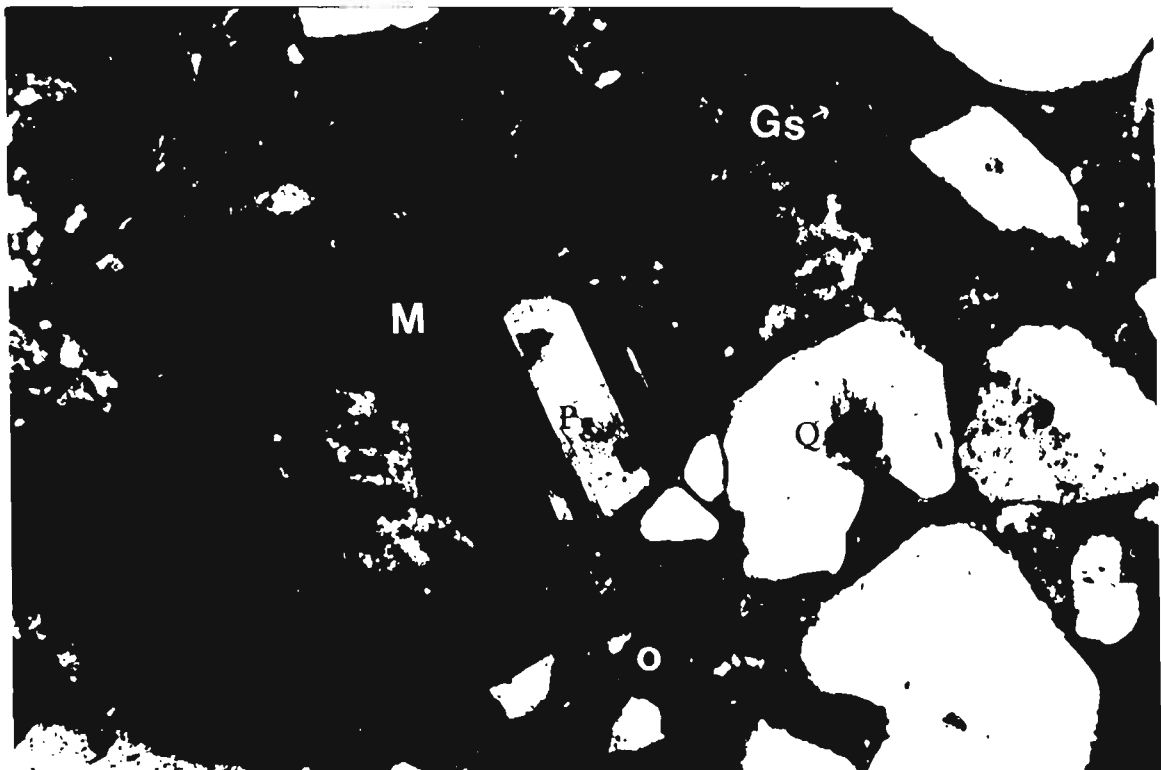
Área de la foto 2.5 x 1.8 mm

14. Cristales de plagioclasa (Pg) y sanidino (S) muy fracturados en “estructura de rompecabezas”, en matriz (M) microcristalina. Muestra No. 16. Nícoles cruzados. 5x.



Área de la foto 2.5 x 1.8 mm

15. Muestra 17.- Cristal de plagioclasa (Pg) roto y cristales de sanidino (S) anhedrales en la matriz (M) de ceniza fina. Nícoles cruzados. 5x.



Área de la foto 2.5 x 1.8 mm

16. Cristales de cuarzo corroído (Q), sanidino (S) anhedral, plagioclasa (Pg) y óxidos (O) en matriz (M) de ceniza fina con agujas de vidrio (Gs). Nícoles cruzados. 5x.

No. de Muestra: 17-A

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: cuarzo euhedral a anhedral (≤ 1.4 mm), sanidino subhedral a anhedral de 1.4 mm; la plagioclasa es anhedral (≤ 0.4 mm) y la mica oscura es casi siempre tabular de hasta 0.4 mm..

Textura: seriada

Matriz: de ceniza fina.

Observaciones: La matriz tiene numerosas esquirlas de vidrio, clastos de pómez sin colapsar y en forma de “*fiamme*” con cristales que en la matriz están muy fragmentados y rotos.

Minerales accesorios: óxidos de fierro y circón.

No. de Muestra: 18

Descripción Megascópica: Roca ígnea extrusiva, de color café pardo, merocristalina, leucocrática, con 15 a 20% de cristales de grano medio a fino de cuarzo euhedral a anhedral, sanidino, y biotita; 1% de líticos rojizos de hasta 3 mm. La roca está muy compacta.

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: subhedrales a anhedrales de cuarzo (≤ 2.5 mm), sanidino hasta de 1.6 mm; la plagioclasa de ≤ 0.8 mm; la mica oscura es casi siempre tabular

Textura: porfirítica

Matriz: microcristalina a criptocristalina, con desvitrificación

Observaciones: los cristales (20%) están muy fragmentados y rotos en “estructura de rompecabezas” con sus bordes reabsorbidos. Hay pómez colapsada con cristales de los cuales sólo algunos presentan cierto alineamiento.

Minerales accesorios: óxidos de fierro.

No. de Muestra: 19

Descripción Megascópica: Roca ígnea extrusiva de color gris rosáceo, merocristalina, leucocrática, compacta; aproximadamente con 20 a 25 % de cristales de grano fino de cuarzo, sanidino, mica oxidada; 10% de pómez blanca y ocre bandeada; <1% de líticos rojizos. Sin pómez evidente.

Descripción Microscópica:

Grado de cristalinidad: merocristalina

Granularidad: inequigranular

Forma de los cristales: anhedrales de cuarzo (≤ 1.4 mm), sanidino (≤ 1.4 mm) y plagioclasa (≤ 0.8 mm). La biotita es subhedral 0.8 mm.

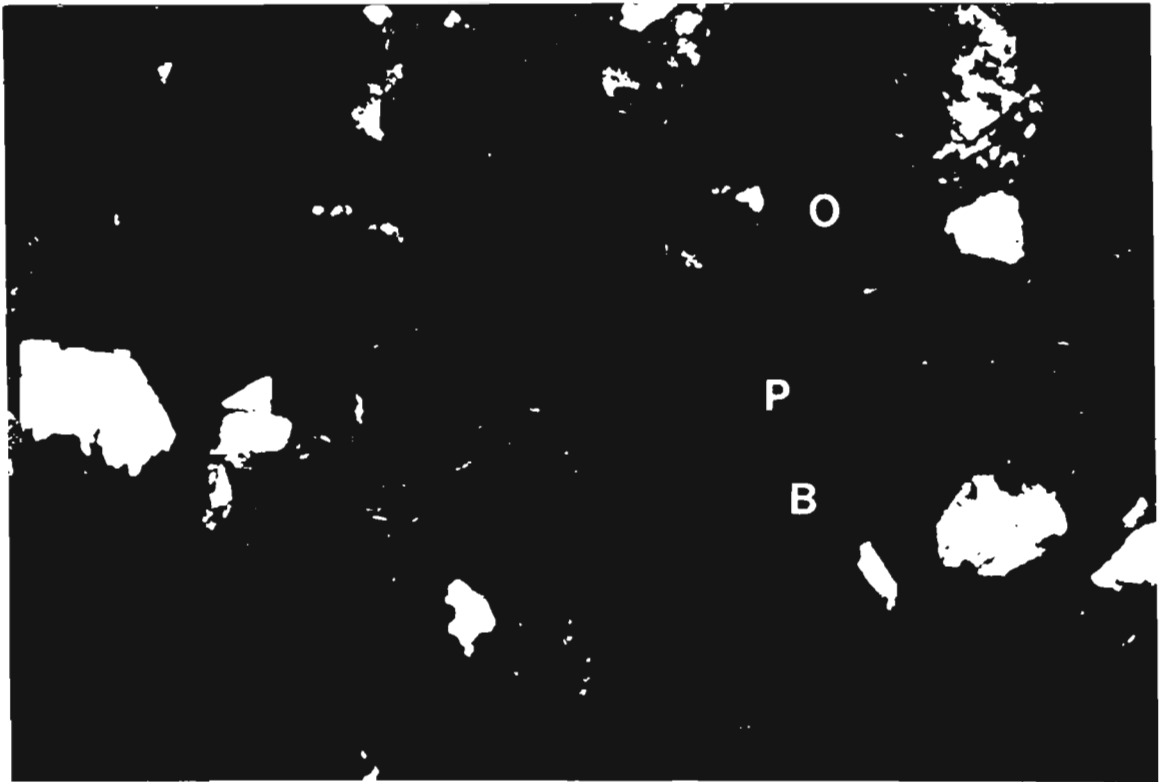
Textura: seriada

Matriz: muy alterada

Observaciones: los cristales están rotos, muy fracturados y alterados. En la matriz se aprecia clastos pequeños de pómez sin colapsar.

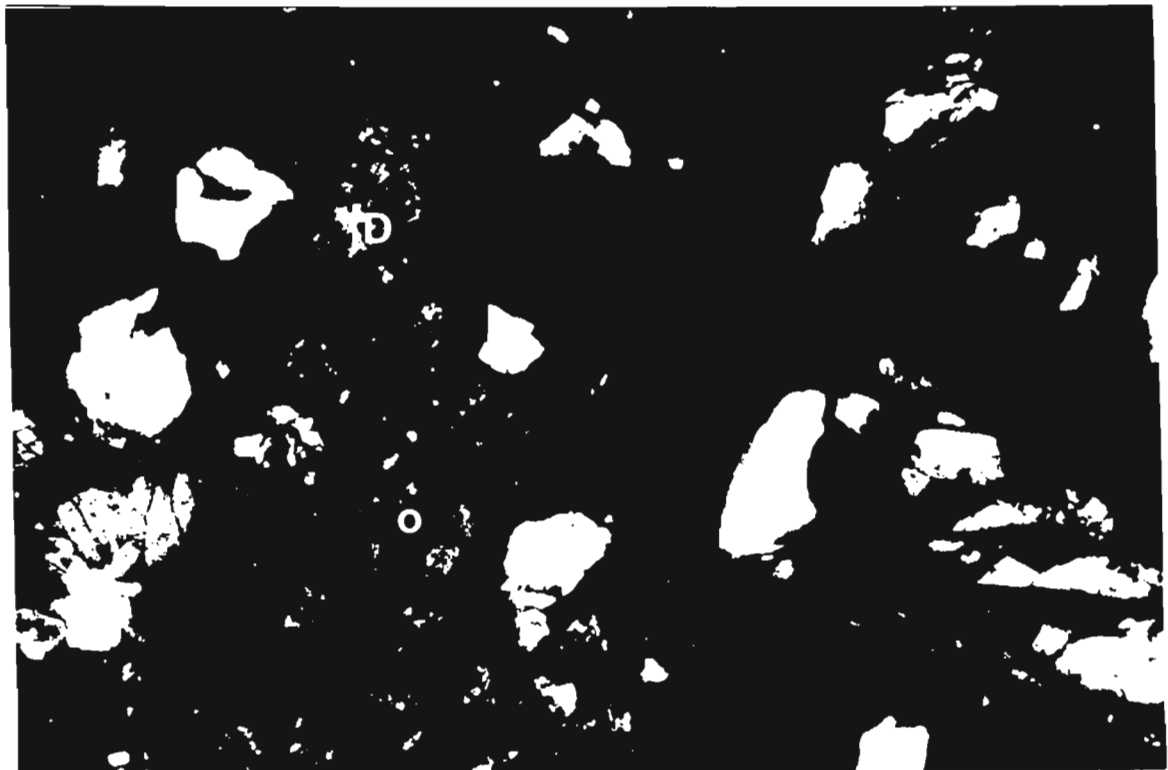
Minerales accesorios: óxidos de hierro.

Fotografía 18



Área de la foto 2.5 x 1.8 mm

17. Cristal de cuarzo (Q) dentro de la pómez (P) colapsada, nótese su aplanamiento cerca de los bordes del cristal (flechas). En la matriz se observan óxidos (O) y biotita (B). Muestra No. 5. Nícoles cruzados. 5x.



Área de la foto 2.5 x 1.8 mm

18. Muestra 19.- Matriz desvitrificada (D) con cristales anhedrales de sanidino (S) y óxidos (O). Nícoles cruzados. 5x

5. INTERPRETACIÓN

Una ignimbrita se compone de una mezcla de pómez (magma enfriado), cenizas, fragmentos de líticos arrancados de las paredes del conducto y de la parte superior de la cámara, además de cristales liberados por el magma durante la fragmentación del mismo (Lipman, 1967; Walker, 1972). Estos flujos se generan de magmas muy diferenciados que se localizan cerca de la superficie, tal como es el caso de la Ignimbrita Cantera, que de los datos obtenidos en campo y de la información derivada del análisis petrográfico se interpreta lo siguiente de acuerdo a sus componentes:

PÓMEZ

La pómez es el vidrio volcánico altamente vesicular con o sin cristales (McPhie, 1993), que caracteriza a los flujos piroclásticos silíceos y representa la composición original del magma. En la Ignimbrita Cantera en el miembro sin soldar (Tic), ésta es de color blanco, fibrosa, algunas con cristales de cuarzo, sanidino y en ocasiones biotita, presenta gradación inversa (Capa 2b, Figura 8). Por estas características sabemos que se trata de material muy diferenciado de la parte superior de la cámara magmática y rico en volátiles; sin embargo, en un horizonte de este miembro, coexiste con pómez ocre bandeada que indica que durante la erupción hubo mezcla de magmas; hacia el contacto con la parte soldada, aparece pómez ocre colapsada.

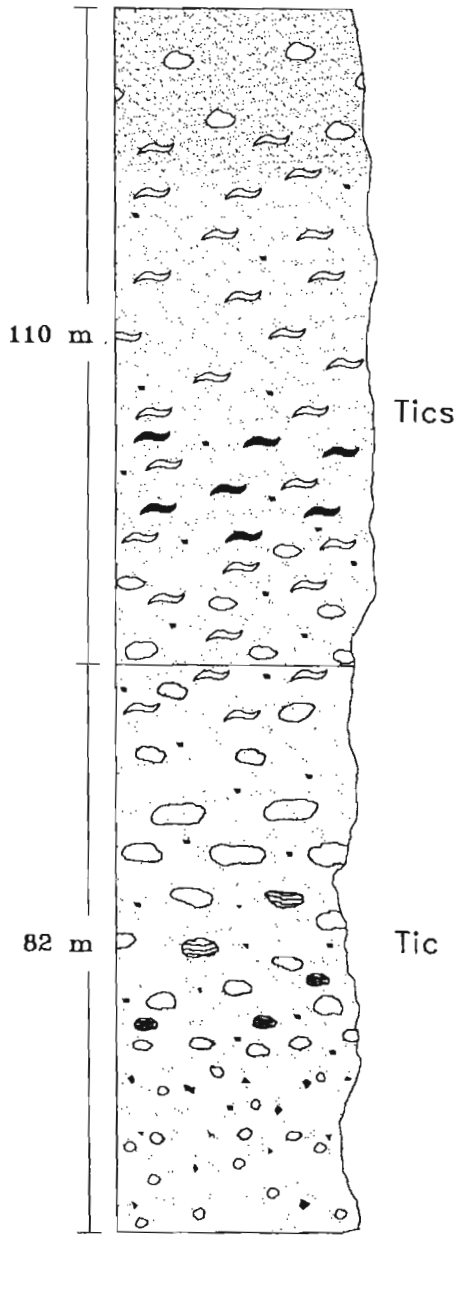
En el miembro soldado (Tics), la pómez ocre presenta la característica textura eutaxítica producida por la presión de carga debido a la viscosidad del material extruido. Conforme se avanza en la secuencia aparece un horizonte con pómez gris colapsada rica en cristales desapareciendo ambos tipos de pómez hacia la parte superior del flujo para dar lugar a pómez sin colapsar (Figura 7).

CRISTALES

En la figura No. 6 se presenta gráficamente la aparición en determinados horizontes de los minerales que existen dentro de la ignimbrita, omitiéndose al cuarzo y sanidino por obvias razones.

En ambos miembros (Tic y Tics) los cristales se encuentran en su mayoría rotos y fracturados en estructura de rompecabezas, aunque también existen cristales enteros euhedrales; esto se debe a diversos factores que se conjugan en el momento de la erupción, como pueden ser la resistencia del cristal, el grado de explosividad y la presión ejercida sobre ellos; ya que muchos de los cristales se fragmentan durante la salida explosiva del

COLUMNA LITOLOGICA



LEYENDA

- Pómez gris colapsada
- Pómez ocre colapsada
- Pómez ocre bandeada
- Pómez blanca sin colapsar
- Fenocristales
- Líticos accidentales

NOTA: Las líneas punteadas nos indican la presencia de esos minerales en los horizontes donde aparecen.

Figura 6. Columna litológica y mineralógica dentro de la Ignimbrita Cantera.

COLUMNA LITOLÓGICA

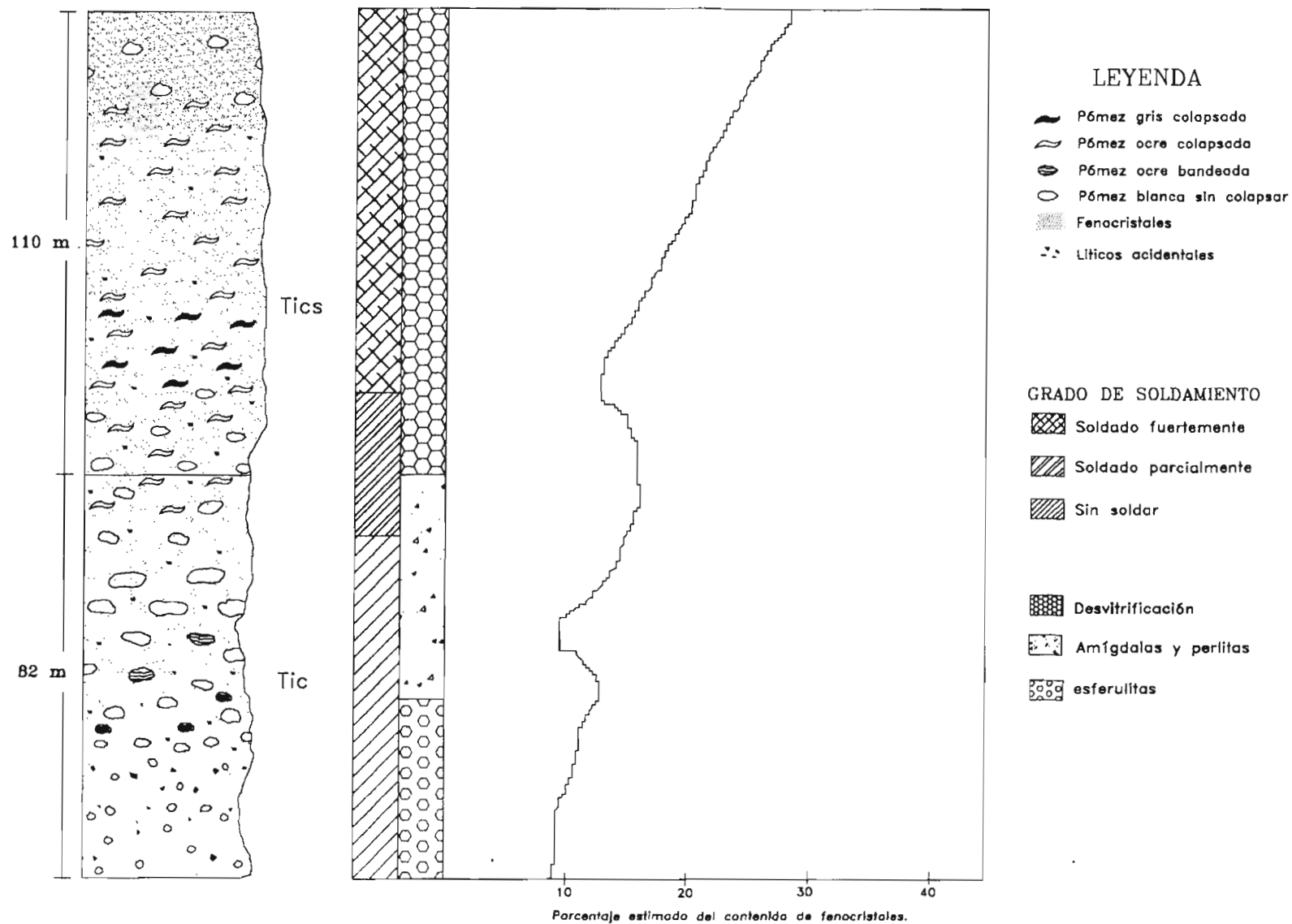


Figura 7. Sección de la Ignimbrita Cantera que muestra el grado de soldamiento y el porcentaje estimado de fenocristales.

magma y otros se fragmentan en estructura de rompecabezas por la presión de carga que se ejerce sobre el cristal.

En cuanto a la composición de los cristales, como se trata de un flujo riolítico, básicamente existen sanidino, cuarzo y plagioclasa (oligoclasa), además de circón como mineral accesorio de rocas silíceas. Donde existe variación mineralógica es en la mica, ya que en el miembro sin soldar, comúnmente la biotita se presenta muy oscura, casi negra y hacia el miembro piroconsolidado aparece en color café rojizo (cuyo hábito la hace parecerse a la flogopita), esto se debe a que está enriquecida en magnesio y algo de titanio (3-5%), lo que indica la diferenciación existente en la cámara magmática.

LÍTICOS

Las fragmentos de líticos son clastos derivados de rocas preexistentes (McPhie, 1993); Wright *et. al.* (1980), identifica tres tipos de fragmentos de líticos en depósitos piroclásticos, que para fines descriptivos de la Ignimbrita Cantera sólo se mencionan los dos que en ella aparecen y son: i) los líticos accesorios, que son fragmentos de la roca madre provenientes de las paredes del conducto durante la erupción explosiva y ii) líticos accidentales, que corresponde a los fragmentos arrastrados por el flujo durante su emplazamiento en superficie.

Generalmente en la ignimbrita estudiada, predominan los líticos accesorios que corresponde a líticos cafés de areniscas de la Formación Caracol y líticos de rocas volcánicas (Labarthe-Hernández y Jiménez-López, 1992); éstos están angulosos, presentan gradación normal y en (Tic) hay un horizonte enriquecido en líticos, lo que correspondería en la columna típica de Sparks, 1973, a la capa inferior 2b (zona de concentración de líticos, Figura 8).

En lo que se refiere al miembro superior (Tics) los líticos disminuyen de porcentaje en relación con el miembro anterior.

DESVITRIFICACIÓN

Es uno de los principales procesos que sufren los flujos piroclásticos después de su emplazamiento debido a que el vidrio volcánico es muy inestable en las condiciones de temperatura ambiente, ocasionando consecuentemente una modificación de las texturas originales del depósito, debido al efecto de la temperatura y a la acción de soluciones acuosas (Figura 9 B).

Las esferulitas son un producto característico de desvitrificación de alta temperatura (McPhie, 1993) y Lofgren (1971) ha demostrado que la forma de las esferulitas en vidrios

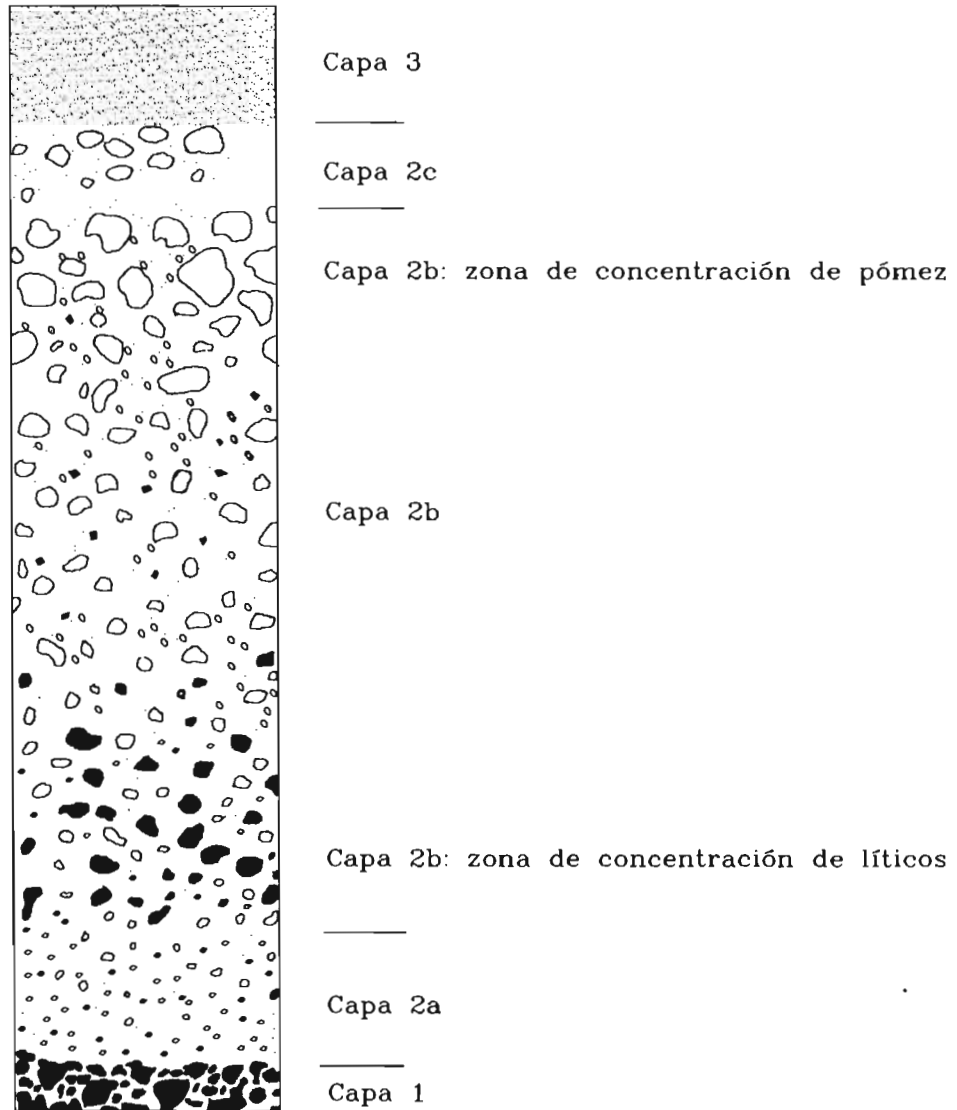


Figura 8. Diagrama idealizado de una unidad simple de flujo ignimbrítico, mostrando la capa de enriquecimiento de líticos y la gradación inversa de pómez descritas en el texto.

Modificado de Sparks *et. al.*, 1973

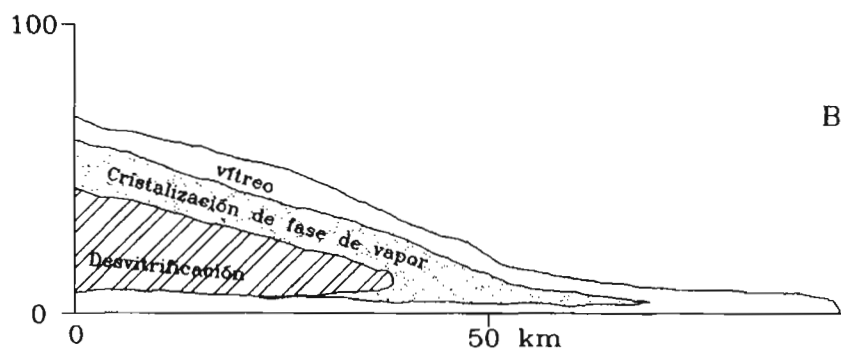
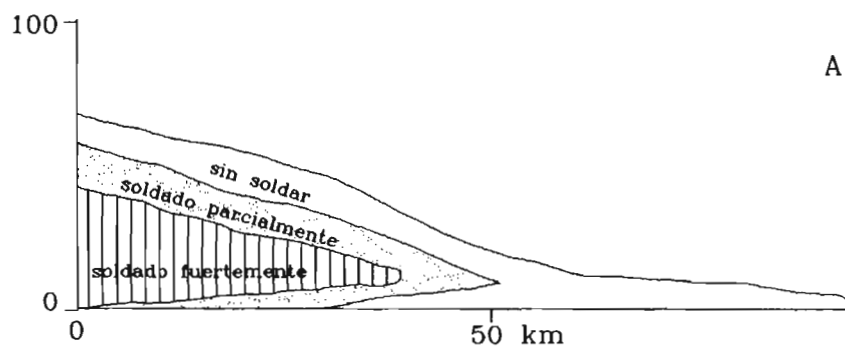


Figura 9. Variaciones laterales y verticales idealizadas de soldamiento (A) y zonas de cristalización (B) en una unidad simple de enfriamiento. La zona de desvitrificación incluye esferulitas, litofisas y cristalización granofírica.

Tomado de McPhie, 1993.

riolíticos (Figura 10) varía de acuerdo a la temperatura de formación, siendo las esferulitas radiales las que se forman a bajas temperaturas ($< 400^{\circ}\text{C}$), que como se puede observar en la Figura 7, se presentan únicamente en la base del miembro inferior; sin embargo, también existen abanicos de desvitrificación (fotografía No. 8) que nos indican temperaturas de desvitrificación de 700°C (Lofgren, *op. cit.*) y éstas se encuentran casi en la parte central de la unidad de enfriamiento; también únicamente en esta parte, hay perlitas y estas se desarrollan en respuesta a la hidratación del vidrio, que involucra la difusión del agua hasta el vidrio sólido acompañado por un incremento de volumen; la hidratación ocurre después del emplazamiento y tarde en el proceso de enfriamiento (McPhie, *op. cit.*).

Otro aspecto importante es la aparición de la textura granofirica (que consiste en el intercrecimiento de cuarzo y feldespato potásico), en la parte superior de (Tic) prolongándose hasta poco más de la mitad del miembro soldado (Tics), lo que indica que estuvo sujeto a continuo calor, presión y soluciones. Esta textura es característica de las partes centrales de ignimbritas gruesas densamente soldadas, debido al bajo enfriamiento y cristalización (Lofgren, *op. cit.*)

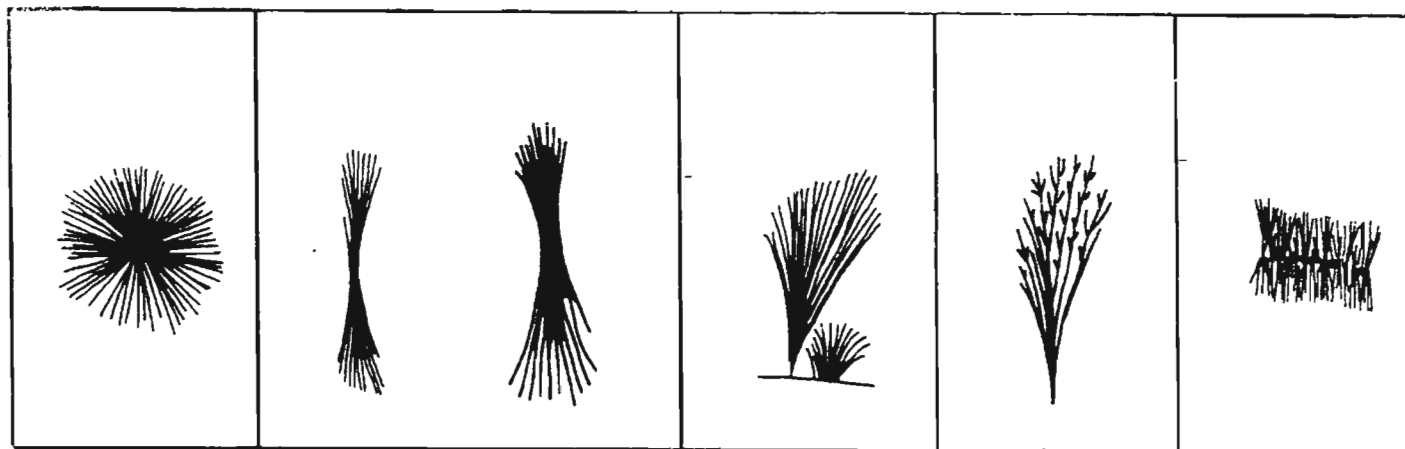


Figura 10. Morfología de las esferulitas.- (de izquierda a derecha) las esferulitas de forma esferoidal se forman a bajas temperaturas (< 400° C); las de forma de corbata son características de temperaturas intermedias (400-600° C); las en forma de abanico y las restantes son de temperaturas de 700° C

Tomado de McPhie, 1993

6. SUMARIO Y CONCLUSIONES

La Ignimbrita Cantera representa una secuencia de flujos piroclásticos que tiene una distribución amplia en el Campo Volcánico de San Luis Potosí; aunque se trata de una formación con características distintivas, presenta variaciones laterales importantes que permite hacer un estudio minucioso de la misma y reconstruir su historia eruptiva.

La sección de la Ignimbrita Cantera que se analizó en el área de estudio, representa sólo una pequeña e importante parte del rompecabezas; la información obtenida de las observaciones de campo y de la petrografía, arroja datos que indican que la unidad está formada por una serie de flujos que se comportan en conjunto como una unidad de enfriamiento; en el que el miembro sin soldar es característica la presencia de pómez blanca sin colapsar y en el miembro soldado la pómez ocre eutaxítica.

Se considera que la ignimbrita está formada por una serie de flujos piroclásticos que fueron expulsados en intervalos de tiempo cortos, en el que las primeras emisiones consistieron de material muy diferenciado, que paulatinamente se fue haciendo denso y con menor contenido de volátiles. Se interpreta también que durante el proceso de expulsión existieron la condiciones para que, en la cámara hubiera una mezcla de magmas, evidenciado esto por la presencia de pómez bandeada en algunos horizontes.

Algo que todavía no se ha resuelto es, si hubo una sola fuente o existieron diferentes fuentes de emisión de la ignimbrita porque, si bien en diferentes publicaciones Labarthe-Hernández (1982) y Tristán-González (1986) consideran que éstos flujos piroclásticos, se emplazaron a través de diversas fisuras originadas por la distensión que sufrió la Mesa Central en el Terciario, aún se desconoce con exactitud la ubicación del centro emisor, por lo que se especula sobre la posibilidad de que hayan sido varios centros, debido a que existe una mezcla de material juvenil (pómez blanca, gris y ocre) dentro de un mismo horizonte, situación que es más evidente en otras localidades que en la de la presa El Potosino.

BIBLIOGRAFÍA

Aranda-Gómez J.J., Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M., 1983, El volcanismo cenozoico en San Luis Potosí y su relación con la provincia volcánica de la Sierra Madre Occidental: Guadalajara, Jal., Asoc. Ing. Min. Metal. Geol. de México, Convención Nacional, 15, Memoria, p. 261-287.

Cameron, K. L., Cameron, M., Bagby, W. C., Moll, E.J., Drake, R. E., 1980, Petrologic characteristics of mid-Tertiary volcanic suites, Chihuahua, México: *Geology*, v 8, p. 87-91

Cameron, K. L., Cameron, M., Bagby, W. C., Moll, E.J., Drake, R. E., 1980, Petrogenesis of voluminous mid-Tertiary ignimbrites of the Sierra Madre Occidental, Chihuahua, México: *Contrib. Mineral. Petrol.*, v.- 74. p. 271-284.

Carrillo-Bravo, J. 1971, La Plataforma Valles - San Luis Potosí; *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, v. 23, p 1-112

Clark, K. F.; Damon, P.E., Shutter, S. R. y Shaffiquillahm, M., 1979, Magmatismo en el norte de México en relación a los yacimientos metalíferos: *Asoc. Ings. Minas, Metal. y Geol. Mex.*, XIII Con. Nac., Memoria, p. 8-57

Edwards, J. D., 1955, Studies of some early Tertiary red conglomerates of Central México: *U. S. Geol. Survey, Prof. Paper 264-H.* p. 153-183.

Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M., Aranda-Gómez, J.J., 1982, Revisión Estratigráfica del Cenozoico en la parte central del Estado de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Univ. Autón. San Luis Potosí, Folleto Técnico No. 85, 208 p.

Labarthe-Hernández, G., y Jiménez-López L. S., 1992, Características físicas y estructuras de lavas e Ignimbritas riolíticas en la Sierra de San Miguelito, S.L.P., Instituto de Geología, Univ. Autón. San Luis Potosí, Folleto Técnico No. 114, 36 p.

Labarthe-Hernández, G., y Jiménez-López L. S., 1993, Geología del Domo Cerro Grande, Sierra San Miguelito, S.L.P., Univ. Autón. San Luis Potosí, Instituto de Geología, Folleto Técnico No. 117, 22 p.

Labarthe-Hernández, G., y Jiménez-López L. S., 1994, Geología de la porción Sureste de la Sierra de San Miguelito, S.L.P., Instituto de Geología, Univ. Autón. San Luis Potosí, Folleto Técnico No. 120, 34 p.

Lockwood, J.P. and P.W. Lipman, 1980, Recovery of datable charcoal beneath younglavas: lessons from Hawaii. *Bull. Volcanol.* 43, 609-15.

Lofgren G. 1971a, Spherulitic textures in glassy and crystalline rocks. *J Geophys Res* 76: 5635-5648.

Lofgren G., 1974, An experimental study of plagioclase crystal morphology: isothermal crystallisation. *Am J Sci* 274: 243-273.

McDowell, F.W. y Keiser, P.R., 1977, Timing of mid-Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango City and Mazatlan, México: *Geol. Soc. Am. Bull.* v. 88, p. 1479-1487.

MacPhie, J., Doyle, M., Allen, R., 1993, *Volcanic Textures: a guide to the interpretation of textures in volcanic rocks*, Centre for ore deposits and Exploracion Studies, University of Tasmania, Australia, 198 p.

Ortega-Gutiérrez, F., Mitre-Salazar, L.M., Roldán-Quintana, J., Aranda-Gómez, J.J., Morán-Centeno, D., Alanís-Álvarez, S. A. y Nieto-Samaniego, A.F., 1992, Texto explicativo de la Quinta Edición de la Carta Geológica de la República Mexicana Escala 1:2,000, 000

Raisz, E., 1964, *Landforms of México*: Cambridge, Mass., U.S. Office of Naval Research, geography branch, Esc 1:3,000, 000, second edition.

Smith, R.L., 1960a. Ash flows. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 71, 795-842.

Smith, R.L., 1960b. Zones and zonal variations in welded ash flows. *U.S. Geol. Survey Prof. Paper* 354-F, 149-159.

Smith, R.L. and Bailey, R.A., 1966. The Bandelier Tuff: a study of ash-flow eruption cycles from zoned magma chambers. *Bull. Volcanol.* 29, 83-103.

Sparks, R.S.J. and Walker, G.P.L., 1973. The ground surge deposit: a third type of pyroclastic rock. *Nature* 241, 62-64.

Sparks, R.S.J., Self, S. and Walker, G.P.L., 1973. Products of ignimbrite eruption. *Geology* 1, 115-118.

Sparks, R.S.J., 1975. Stratigraphy and geology of the ignimbrites of Vulsini Volcano, Central Italy. *Geol. Rundsch.* 64, 497-523.

Sparks, R.S.J., 1976. Grain size variations in ignimbrites and implications for the transport of pyroclastic flows. *Sedimentology* 23, 147-188.

Sparks, R.S.J. and Walker, G.P.L., 1977. The significance of vitric-enriched air-fall ashes associated with crystal-enriched ignimbrites. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 2, 329-341.

Stewart, J.H., 1978, Basin-range structure in western North America, a review, *Geol. Soc. America, Mem.* 152, p. 1-30.

Tristán-González, M., 1986, Estratigrafía y Tectónica del Graben de Villa de Reyes, en los Estados de San Luis Potosí y Guanajuato, México, Univ. Autón. San Luis Potosí, Instituto de Geología, Folleto Técnico No. 107, 91 p.

Walker, G.P.L., 1972, Crystal concentration in ignimbrites. *Contr. Mineral. Petrol.* 36, 135-146.

Wilson, L. and Head, J.W., III, 1981b. Morphology and rheology of pyroclastic flows and their deposits, and guidelines for future observations. In Lipman, P.W. and Mullineaux, D.R., eds., *The 1980 eruptions of Mount St. Helens, Washington.* U.S. Geol. Survey Prof. Paper 1250, 513-524.

Wilson, C.J.N. and Walker, G.P.L., 1982, Ignimbrite depositional facies: the anatomy of a pyroclastic flow. *J. Geol. Soc. London* 139, 581-592.

Wright, J.V., Self, S. and Fisher, R.V., 1980a, Towards a facies model for ignimbrite-forming eruptions. In Self, S. and Sparks, R.S.J., eds., *Tephra studies.* D. Reidel Publ. Co., Dordrecht, Holland, 433-439.

Wright, J.V. and Walker G.P.L., 1981, Eruption, transport and deposition of ignimbrite: a case study from Mexico. *J Volcanol Geotherm Res* 9: 111-131.

