



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA
INSTITUTO DE GEOLOGÍA

**“CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y
GEOQUÍMICA DEL VULCANISMO BIMODAL EN EL
SEMIGRABEN DE BLEDOS, EN EL CAMPO
VOLCÁNICO DE SAN LUIS POTOSÍ”**

Tesis para obtener el grado de
Maestría en Ciencias en Geología Aplicada,
presentada por:

Ing. Juan Manuel Torres Aguilera

Asesor:

Dr. Rodolfo Rodríguez Ríos

Alumno becado por:

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



FACULTAD DE INGENIERÍA

San Luis Potosí, S.L.P.

Noviembre de 2005



30 de noviembre del 2004

**AL ING. JUAN MANUEL TORRES AGUILERA
P R E S E N T E . -**

En atención a su solicitud de Tema y Temario, presentado por el Doctor Rodolfo Rodríguez Ríos, Asesor de la Tesis que desarrollará Usted, con el objeto de obtener el Grado de **Maestría en Ciencias en Geología Aplicada**. Me es grato comunicarle que en la Sesión de Consejo Técnico Consultivo celebrada el día 30 de noviembre del presente año, fue aprobado el Tema y Temario propuesto:

TEMARIO:

**"CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA DEL VULCANISMO
BIMODAL EN EL SEMIGRABEN DE BLEDOS, EN EL CAMPO VOLCÁNICO DE SAN
LUIS POTOSÍ. "**

1. Introducción.
2. Generalidades.
3. Marco Geológico Regional del Campo Volcánico de San Luis Potosí (Semigraben de Bledos).
4. Resultados de Petrografía y Geoquímica.
5. Discusión de los Resultados.
6. Conclusiones y Recomendaciones.
7. Bibliografía.
8. Anexos.

"MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO"


**ING. JOSÉ ARNOLDO GONZÁLEZ ORTÍZ
DIRECTOR**

MOG

Dedicatoria:

A Dios por darme la oportunidad de estar en éste mundo y otorgarme las facilidades necesarias para alcanzar las metas trazadas.

Muy especialmente a mi Esposa

Ma. del Rosario Reyna Vega, por todo su amor, ayuda y comprensión que me ha otorgado en los momentos adecuados.

A mis hijos

Brenda J., Juan Manuel, Juan Carlos y Ricardo Emmanuel, por darme grandes satisfacciones y alegrías en la vida y por soportarme y otorgarme toda su ayuda incondicional y necesaria durante la mayor parte de mi vida.

A mis Padres

Sr. Pascual Torres López, Sra. Aurora Aguilera Romo.

A mis Hermanos

Lourdes, Raúl, Gabriel, Ma. de la Luz, José Luis, Blanca Estela, Gerardo, Ma. del Carmen y Norma Aurora.

A la memoria de mi maestro M.C. Luis García Gutiérrez M. de quien siempre tuve el conocimiento, la ayuda y apoyó incondicional.

Agradecimientos:

Especialmente agradezco al Dr. Rodolfo Rodríguez Ríos, por darme la oportunidad de participar en el proyecto PROMEP PTC – 36 y desde luego por aceptar asesorarme en el presente trabajo. Al Dr. Alfredo Aguillón por su asesoría académica, sus enseñanzas, ayuda, y por la revisión del presente trabajo como sinodal.

A todos mis maestros de la Maestría:

Ing. Guillermo Labarthe H., Dr. Rafael Barbosa G., M.C. Antonio Cardona B., Dr. Javier Castro L. Por sus enseñanzas y ayuda, Dr. Delfino Rubalcava R., por su ayuda y su don de ser humano, al Dr. Rubén López D., M.C. Ramón Torres H. por sus enseñanzas y aceptar ser sinodal, M.C. Margarito Tristán G y a la Dra. Teresa Orozco.

A mis amigos:

Ing. Mauro Robledo por su gran ayuda y amistad, Ing. Miguel Mayer T. por su amistad y apoyo incondicional (de toda la vida), a José Luis Escalante por su ayuda en el momento decisivo, a Miguel Mayer, Fco. Orozco, Ramiro Gallegos, Lucio Gallegos, Memo Alvarado, Pánfilo R. Mtz. por su amistad, consejos y ayuda, a Juan Manuel y J. Socorro Loera, a Rosy y Finita por darme siempre su apoyo y ayuda. A mi amigo de siempre, Dr. Edmundo Parra Beovide.

Al Ing. Arnoldo González O., al Ing. Joel Milán N., por su ayuda y por darme la oportunidad de realizar el estudio. Al personal del Instituto de Geología, por su ayuda y buen trato.

Al Ing. Miguel Mayer T. de la Facultad de Ingeniería de la U.A.S.L.P., Área de Ciencias de la Tierra y al Ing. Erasmo Mata del Instituto de Geología de la U.A.S.L.P., por su ayuda en la elaboración de las láminas delgadas para el estudio petrográfico.

A mis compañeros y amigos de la Maestría:

Aurora Zavala, Javier Muñoz Q., Justino Ávila y Daniel Barajas, por su ayuda y amistad.

Agradecimientos de colaboración:

A los Químicos Patricia Girón García y Rufino Lozano Santa Cruz, del Laboratorio de Fluorescencia de rayos X (LUGIs) del Instituto de Geología de la UNAM, por los análisis de elementos mayores y elementos Traza.

A la Dra. Ofelia Morton B., M.C. Elizabeth Hernández A., M.C. Galia González H., del Laboratorio de Espectrometría de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo, del Instituto de Geofísica de la UNAM., por el análisis cuantitativo de elementos de Tierras Raras.

Al Dr. Alfredo Aguillón R. Por el contacto con el Dr. Hervé Bellón del Laboratorio de Geocronología, del Instituto Universitario Europeo de La Mar de la Universidad de Bretaña Occidental (Brest, Francia), quien realizó el análisis isotópico por el método de K/Ar en roca total.

Al CONACYT

Por otorgarme la ayuda económica para cursar el posgrado y a todas aquellas personas que de alguna manera colaboraron para la realización de éste sueño.

Contenido:

	Hoja
1. Introducción.....	1
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Metodología de trabajo.....	4
1.4. El Campo Volcánico de San Luis Potosí (CVSLP).....	5
2. Generalidades	
2.1. Localización y Vías de Acceso.....	8
2.2. Fisiografía y Geomorfología.....	9
2.3. El "Semigraben de Bledos".(SGB).....	9
3. Marco Geológico Regional	
3.1. Introducción.....	11
3.2. Estratigrafía Regional.....	12
3.2.1. Cretácico.....	12
3.2.2. Terciario	
a. Ignimbrita Santa María: (Tis).....	13
b. Latita Portezuelo (Tlp)	14
c. Riolita San Miguelito (Tsm).....	15
d. Andesita Calderón (Tac)	16
e. Ignimbrita Cantera (Tic)	18
f. Ignimbrita San José (Tsj).....	20
g. Riolita Zapote (Tz).....	21
h. Riolita Panalillo Inferior (Tap).....	22
i. Basalto La Placa (Tbp).....	23
j. Riolita Panalillo Superior (Trp)	24
k. Basalto Cabras (Tbc).....	24
l. Traquita Los Castillo (Tlc).....	26
m. Conglomerado Polimíctico (Tcg).....	26
3.2.3. Cuaternario.....	26
3.3. Estratigrafía Local.....	27
3.4. Tectónica Regional	
3.4.1. Introducción.....	30
3.4.2. Teorías de la Formación de Cuencas y Sierras.....	32

3.4.3. Provincia Tectónica de Cuencas y Sierras en la República Mexicana.....	36
3.4.4. Tectónica en la Mesa Central.....	36
3.4.5. Provincia Tectónica de Cuencas y Sierras en San Luís Potosí.....	38
3.4.6. Geología Estructural.....	43
4. Resultados de Petrografía y Geoquímica	
4.1. Petrografía.....	47
4.1.1. Introducción.....	47
4.1.2. Petrografía de las rocas del (VBSGB).....	47
a. Riolita Panalillo	47
b. Basalto La Placa	54
c. Basalto Cabras	63
4.2. Geoquímica	
4.2.1. Introducción.....	65
4.2.2. Clasificación y caracterización geoquímica del (VBSGB).....	65
4.2.2.1 Diagramas geoquímicos de las muestras del VBSGB.....	67
1. Diagrama A-F-M.....	67
2. Diagrama TAS.....	67
3. Diagramas de Kuno.....	69
4. Diagrama de Cameron et al., (1980).....	70
5. Diagramas de Variación de Harker.....	70
6. Diagramas de Tierras Raras.....	71
7. Diagramas de Discriminación (Elementos Traza).....	71
4.2.3. Resultados de geoquímica.....	76
1. Riolita Panalillo	76
2. Basalto La Placa	78
3. Basalto Cabras	79
5. Discusión de los Resultados	
5.1. Discusión de la petrografía	
1. Riolita Panalillo	82
2. Basalto La Placa	83
3. Basalto Cabras	85
5.2. Discusión de la geoquímica	
1. Riolita Panalillo	86
2. Basalto La Placa	90

	Hoja
3. Basalto Cabras	93
6. Conclusiones y Recomendaciones	
6.1. Conclusiones.....	95
6.2. Recomendaciones.....	97
7. Bibliografía.....	98
8. Anexos.....	104
Anexo 8.1. .Plano Geológico y de muestreo	Al Final
Anexo 8.2. Determinaciones petrográficas	
8.2.1. Riolita Panalillo.....	106-124
8.2.2. Basalto La Placa.....	125-143
8.2.3. Basalto Cabras.....	144-148
Anexo 8.3. Tabla 1 de resultados de petrografia.	149-152
Anexo 8.4. Tabla 2. de Geocronología y métodos analíticos.....	153-155
8.4.1. Espectometría de masas.....	153
8.4.2. Métodos analíticos.....	153-155
Anexo 8.5 Resultados de análisis químicos	
8.5.1. Tabla 3. Elementos mayores corregidos.....	156-157
8.5.2. Tabla 4 Elementos Traza.	158
8.5.3. Tabla 5 Elementos de Tierras Raras.....	159

Ilustraciones

Figuras

1. Localización del área de estudio.....	8
2. Provincias fisiográficas.....	10
3. Columna Estratigráfica Regional.....	29
4. Etapas de desarrollo de una zona de extensión.....	30
5. Modelos de Formación de Horsts y Graben en fallas inclinadas.....	31
6. Extremo meridional de la provincia de cuencas y sierras.....	42
7. Principales estructuras del área de estudio.....	43
8. Diagrama AFM, Irving y Baragar.....	68

	Hoja
9. Diagrama TAS.....	68
10. Diagrama de Kuno.....	69
11. Diagrama de Cameron.....	70
12. Diagramas de variación de Harker.....	72
13. Diagrama general de REE.....	73
14. Diagrama de discriminación de Kay, et al.....	74
15. Diagrama de discriminación de Pearce y Norry (1979).....	75
16. Diagrama de Pearce and Cann, 1973.....	75
17. Diagrama de Th/Nb. Rocas comagmáticas.....	87
18. Diagrama general de elemento traza vs. Si O ₂	88
19. Diagrama de elemento traza vs. Si O ₂ (Trp)	90
20. Diagrama de elemento traza vs. Si O ₂ (Tbp)	92
21. Diagrama de elemento traza vs. Si O ₂ (Tbc)	94

Fotomicrografías

Fotomicrografías de la Riolita Panalillo	51 a 53
Fotomicrografías del Basalto La Placa.	57 a 62
Fotomicrografías del Basalto Cabras.	64

Capítulo 1. Introducción

El área de estudio está localizada entre las coordenadas $21^{\circ}45'$ a $21^{\circ}55'0.8''$ N y $101^{\circ}03'$ a $101^{\circ}11'09''$ W, se conoce como Semigraben de Bledos (SGB), dentro del Campo Volcánico de San Luis Potosí (CVSLP).

Una de las características del CVSLP, es que el volcanismo es predominantemente félsico pues prácticamente están solo rocas riolíticas, excepto en el SGB, donde hay afloramientos de basaltos intercalados con las ignimbritas oligocénicas. Así la característica del SGB, es la distribución bimodal del magmatismo.

El volcanismo bimodal está definido por la coexistencia en espacio y tiempo de rocas de composición en los extremos máfico y félsico, estando ausentes las rocas de composición intermedia entre ambos; en este caso el extremo máfico lo proporciona el Basalto La Placa y el extremo félsico la Riolita Panalillo, quedando excluido el Basalto Cabras, que no cumple con el requisito del tiempo para ser considerado dentro del volcanismo bimodal.

El volcanismo bimodal generalmente se asocia a zonas que han estado sujetas a extensión cortical. De acuerdo a este modelo, en las fases tempranas de extensión, el adelgazamiento cortical y el levantamiento de la astenósfera elevan la temperatura de la parte inferior de la corteza disminuyendo su densidad. La descompresión adiabática en el manto daría lugar a la generación de magmas basálticos que en parte pueden estacionarse y cristalizar en la base de la corteza liberando calor que promovería la fusión parcial de la misma. Los magmas ahí generados tendrían una composición félsica. Parte de los magmas basálticos podrían traspasar la barrera de densidad entre manto y corteza y ascender hasta la superficie. El rápido ascenso de magmas basálticos en un régimen extensivo inhibe su estacionamiento en cámaras magmáticas donde pueda fraccionarse para generar magmas con composición intermedia.

Existen otros ejemplos documentados de volcanismo bimodal en el N y NW de México: Webber et al., (1994) documentaron una secuencia volcánica formada por 4 episodios volcánicos, uno de los cuales se encuentra constituido por flujos

de lava andesíticos y basálticos del Oligoceno (23.7 ± 1.4 Ma), intercalados con flujos de cenizas riolíticas de 25 ± 2.5 Ma.

En el área de Nazas estado de Durango, Aguirre Díaz y McDowell (1993), reportan una secuencia volcánica la cual incluye flujos de lava de composición calcialcalina intermedia, domos, tobas de derrame piroclástico y flujos basálticos de afinidad alcalina. Los basaltos tienen una edad calculada por el método K-Ar de 24.3 ± 1.6 Ma., y cubren o son adyacentes a fallas normales y pudieron haberlas usado como conducto hacia la superficie.

En la Sierra Madre Occidental, el llamado Súper Grupo Volcánico Superior está formado principalmente por ignimbritas riodacíticas y riolíticas asociadas a calderas y generalmente acompañando a estos productos existen derrames y domos de lava riolítica, así como pequeños flujos de lava máfica. Las rocas intermedias son raras y el volcanismo fue largamente confinado al intervalo entre 34 y 27 Ma, aunque alguna actividad persistió hasta los 23 Ma. Las edades y relaciones de campo de las lavas máficas muestran claramente estar relacionadas cercanamente a las rocas más félsicas. (McDowell y Clabaugh, 1979).

Verma (2001), reporta los orígenes de volcanismo bimodal en la Meseta Río San Juan, en el Norte-Centro del Cinturón Volcánico Mexicano.

Ngounouno et al., (2000) reportaron que los basaltos y riolitas (volcanismo bimodal) del "Kapsiki Plateau" están relacionados con procesos de cristalización fraccionada a partir de magmas basálticos y que la contaminación cortical jugo un papel importante en la génesis de las riolitas.

En el presente estudio se caracteriza de manera detallada la petrografía y geoquímica (elementos mayores, traza, REE), así como la geocronología de las unidades que aquí se demuestra, representan un evento de volcanismo bimodal en el estado de San Luis Potosí, específicamente en la zona suroeste del mismo y que se conoce como el "Semigraben de Bledos".

1.1 Antecedentes

Desde el año de 1970, el Instituto de Geología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, inició trabajos de investigación sobre el CVSLP, estos estudios se han centrado principalmente en.

A. La cartografía geológica a escala 1:50,000 y recientemente 1:20,000.

B. El Análisis del contexto geodinámico de los productos volcánicos durante el Oligoceno, Mioceno y Plio-Cuaternario.

Se contó con los trabajos realizados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1971), tanto planos topográficos como planos geológicos y que han servido de base para estudios posteriores.

Específicamente en el área del presente estudio se realizó, la Cartografía Geológica de la Hoja "San Francisco, S.L.P (Labarthe y Tristán, 1980), en el cual definen a la Riolita Panalillo, como formada por 3 miembros (inferior, medio y superior) y reportan una andesita y un basalto entre los miembros de esta formación. En ese estudio los autores citados describieron también brevemente el Basalto Cabras. En donde además definieron al Graben de Bledos, como una fosa tectónica completa.

Muy recientemente se realizó un trabajo de cartografía geológica a mayor detalle (escala 1:20000) de dicha estructura, (Labarthe-Hernández y De la Huerta Cobos, 1998). En éste trabajo redefinen al Graben de Bledos como un semigraben, por lo que en lo sucesivo se menciona como tal.

1.2. Objetivos

El principal objetivo es determinar si hay un volcanismo bimodal en sentido estricto en el Semigraben de Bledos y documentar las características petrográficas y geoquímicas principales de las unidades volcánicas representativas de esta posible bimodalidad.

1.3. Metodología de trabajo

Actividades realizadas:

1. Como primera actividad del presente estudio, se recopiló y revisó la información existente en el área de trabajo. Se examinó la geología del área, basándose en el plano geológico del INEGI, se utilizó la hoja San Francisco (INEGI, 1971), escala 1:50,000, haciendo la conversión por medio de computadora a escala 1:20,000. Así mismo se usó el plano geológico obtenido del trabajo de Labarthe-Hernández y De la Huerta-Cobos. (1998).

2. Se tomaron muestras de diferentes afloramientos tanto de los basaltos Placa y Cabras, así como de la Riolita Panalillo en sus 2 miembros; las muestras se han usado tanto para determinaciones petrográficas como geoquímicas y geocronológicas.

3. Se prepararon alrededor de 50 muestras en lámina delgada, para realizar las determinaciones petrográficas, se escogieron las rocas más representativas del área, determinándose 23 muestras tanto de los basaltos como de la riolita.

4. Se prepararon 7 muestras para fechamientos, los cuales fueron realizados en la Universidad de Brest, en Francia.

5. Así mismo se prepararon 21 muestras de las diferentes unidades tanto de basaltos como de riolitas, para su envío a laboratorios de análisis químicos de la UNAM, analizándose por elementos mayores y elementos traza.

6. Ya teniendo las láminas delgadas, se procedió a realizar las determinaciones petrográficas.

7. Con los resultados del laboratorio de análisis químicos, se procedió a realizar diagramas de variación y tectonomagmáticos.

8. Con los datos obtenidos tanto de la petrografía como geoquímica y geocronología, se procedió a realizar las interpretaciones correspondientes y así concluir el presente trabajo.

1.4. El Campo Volcánico de San Luis Potosí (CVSLP)

A grandes rasgos, el CVSLP está compuesto principalmente por rocas félsicas del Terciario Medio (K-Ar: 32-27 Ma, Labarthe et al., 1982; Aguillón Robles et al., 1994), que en algunos lugares las secuencias de lavas e ignimbritas alcanzan más de 1000 m de espesor y sobreyacen discordantemente a rocas sedimentarias del Mesozoico y/o a sedimentos clásticos continentales del Paleoceno-Eoceno (Formación Cenicera. Labarthe et al., 1982).

En algunos lugares aislados del CVSLP, en la base de la secuencia volcánica del Terciario, afloran andesitas de la formación Casita Blanca, que por su edad (K-Ar: 44 Ma; Labarthe et al., 1982) y sus características litológicas se interpretan como equivalentes a la Secuencia Volcánica Inferior de la región entre la ciudad de Durango y Mazatlán (McDowell y Keiser, 1977) y a los derrames de lava andesítica intercalados en el Conglomerado Rojo de Guanajuato (Edwards, 1955).

El grueso de las rocas del CVSLP, es similar en edad y composición al Súper Grupo Volcánico Superior (McDowell y Keiser, 1977 y Rodríguez Ríos, 1997) y está formado por flujos de derrames piroclásticos y por derrames de lava voluminosos, que se cree fueron expulsados a través de conductos volcánicos situados a lo largo de fracturas tensionales (Waitz, 1926; Tristán-González, 1986 y Aguillón-Robles et al., 1994).

La tectónica del Terciario Medio a Superior en el CVSLP, es eminentemente extensional, marcada por la presencia de depresiones y pilares tectónicos de orientaciones NE-SW (e.g. el Graben de Villa de Reyes) y NW-SE (e.g. El Sernigraben de Bledos).

La formación de estas estructuras sucedió después de la expulsión de la mayoría de las rocas volcánicas, pero antes del depósito de los flujos de ceniza del miembro superior de la Riolita Panalillo (26.8 ± 1.3 Ma), los cuales rellenaron y/o cubrieron a estas estructuras (Tristán-González, 1986). En este tiempo inició el volcanismo bimodal en el CVSLP, el cual está representado por la intercalación de basaltos y rocas félsicas; este volcanismo continuó después de los 26 Ma, con la

emisión de basaltos suavemente alcalinos. El último evento volcánico en las cercanías del CVSLP consistió en la emisión de las basanitas del Plio-Pleistoceno.

En general, las rocas terciarias del área son ricas en K y se ubican en el campo subalcalino propuesto por Irving y Baragar (1971).

El origen inicial del o los magmas es motivo de debate, pues hay quien considera que es producto de fusión parcial a total de rocas corticales (Ruiz et al., 1988) y otros proponen que son debidos a cristalización fraccionada de magmas generados en el manto, contaminados por una cantidad moderada de material cortical (Nimz et al., 1993).

Verma, (1984) basado en datos isotópicos de Sr y Nd del área de S.L.P. - Zacatecas, concluye que las ignimbritas de esta zona contienen una fuerte cantidad de componente crustal. Las relaciones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ del área de Zacatecas (0.705-0.711) y S.L.P. (0.715-0.712), son de hecho altas y variables, similares a esas observadas en Yellowstone (U.S.A.) y son compatibles con una significativa participación de corteza siálica en su petrogénesis.

El Semigraben de Bledos (Labarthe-Hernández y De la Huerta-Cobos, 1998) es una de las localidades en donde están mejor expuestos los productos del volcanismo bimodal, pues entre las tobas félsicas (i.e. los miembros inferior y superior, respectivamente de la Riolita Panalillo), existen basaltos intercalados.

Otro de los lugares del CVSLP donde se ha detectado con claridad este fenómeno, es la porción SE de la Sierra de San Miguelito (Labarthe-Hernández y Jiménez-López, 1994), en esta zona se observa la Riolita Panalillo con sus dos miembros, y entre estos dos miembros, esporádicamente aparece un basalto ligeramente alcalino (Basalto la Placa).

Cameron y colaboradores, (1980) han señalado que el significado tectónico de los basaltos ligeramente alcalinos no se ha esclarecido, aunque se cree que rocas de esta composición son características de ambientes tectónicos extensionales. En el CVSLP se ha considerado que está asociado a un ambiente extensivo (Tristán-González, 1986; Aguillón-Robles et al., 1994).

En la Sierra Madre Occidental, el Súper Grupo Volcánico Superior está formado principalmente por ignimbritas riódacíticas y riolíticas asociadas a domos.

Generalmente acompañando a estos productos, existen derrames sencillos o formando domos de lavas riolíticas, así como pequeños flujos de lava máfica. Las rocas intermedias en lo general son raras y el volcanismo fue confinado al intervalo de 34 a 27 Ma, aunque alguna actividad persistió hasta los 23 Ma. En el presente estudio se determinaron nuevas edades de éste período de volcanismo (23 Ma) y se documentó que el Basalto Cabras es de edad de 20.07 a 20.64 ± 0.48 Ma.

Por el estilo de extensión, el Norte de México es considerado parte de la Provincia Basin and Range (Stewart, 1977; Zoback y Thompson, 1978; Eaton, 1982; Henry y Price, 1986), esta provincia extensional se caracteriza por fallas de ángulo alto, que limitan a bloques alargados que afectan los 10 a 15 Km superiores de la corteza (Zoback et al., 1981). Este mismo autor y colaboradores concluyen que este fallamiento fue generalmente asociado con un magmatismo bimodal Basalto-Riolita. Estudios más recientes han demostrado que el volcanismo basáltico fue dominante en muchas partes del Suroeste de los E.U.A., pero esto sucedió después del fallamiento en bloques más que haber coincidido con el.

Algunos investigadores piensan que la suite bimodal "anuncia" o es transicional entre las rocas claramente orogénicas y las claramente intraplaca. El presente trabajo proporciona elementos para poder clarificar esta duda cuando menos en el área de estudio.

Para la Mesa Central, que es en donde se encuentra el CVSLP., y que también se considera parte de la Provincia Basin and Range (Henry y Aranda Gómez, 1992), mencionan que el estilo de fallamiento es un poco distinto ya que existen al menos dos sistemas de fallas normales, casi ortogonales entre sí, y el volumen de las rocas máficas es considerablemente menor al del Norte de México y Suroeste de los E.U.A.

Capítulo 2. Generalidades

2.1. Localización y Vías de Acceso

La zona de estudio está limitada por las coordenadas 21°45' a 21°55'08'' latitud norte y 101°03' a 101° 11'09'' longitud oeste. Se localiza a 41 km. al S 20° W de la Cd. de San Luis Potosí y comprende al "Semigraben de Bledos", gran parte de la Sierra de Carranco y el extremo SE de la Sierra de San Miguelito (Figura 1).

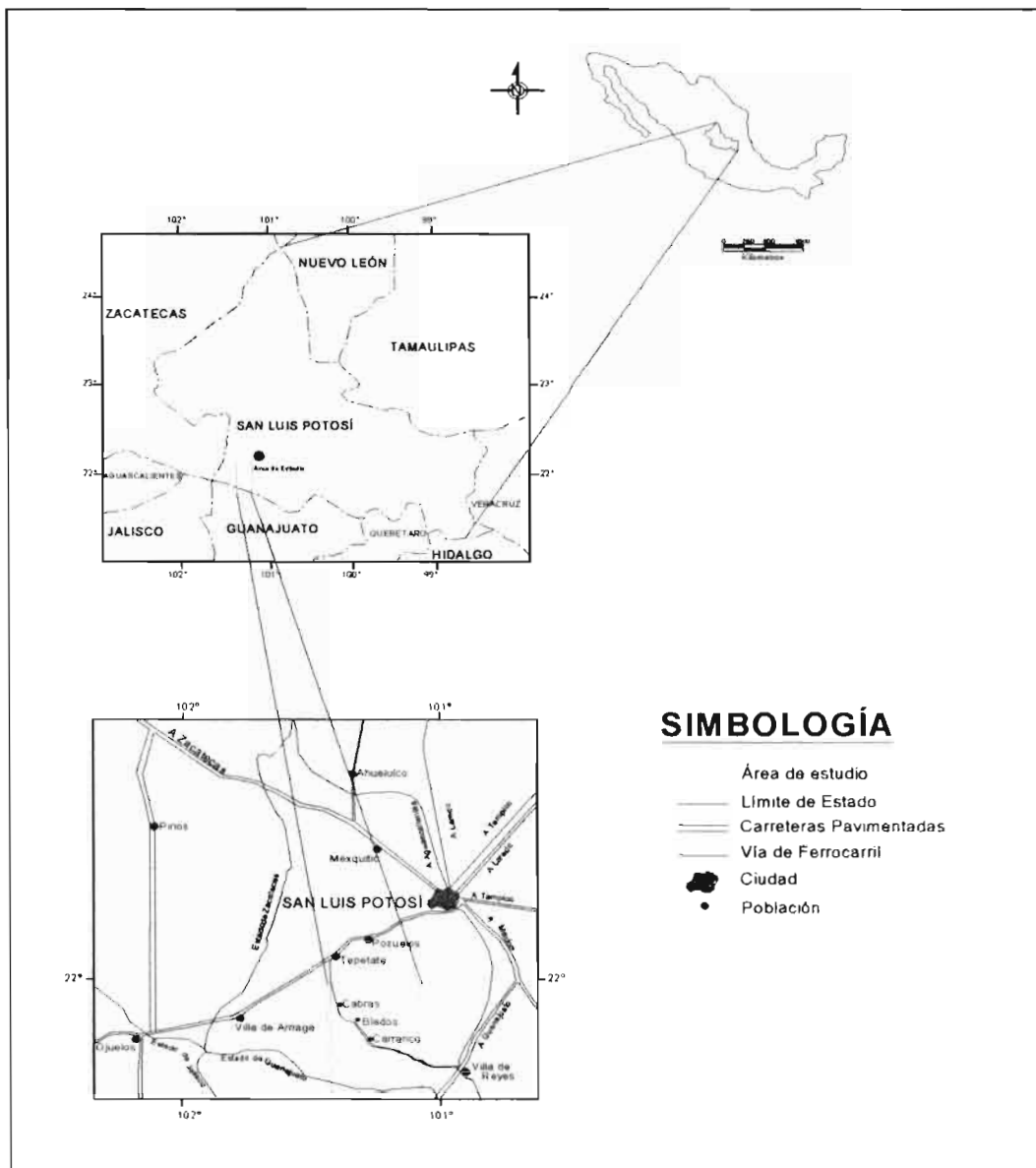


Figura 1. Localización del área de estudio.

2.2. Fisiografía y Geomorfología

Geomorfológicamente, el área de estudio forma parte del (CVSLP), el cual se encuentra en la zona fisiográfica conocida como Mesa Central (MC), (Raisz, 1964), la cual es una región elevada y bordeada por tres unidades morfotectónicas; hacia el Norte y al Este se encuentra la Sierra Madre Oriental (SMO), hacia el Oeste la Sierra Madre Occidental (SMOcc.) y al Sur la cadena volcánica activa llamada Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) El límite entre estas unidades es transicional.

2.3. El “Semigraben de Bledos” (SGB)

Geomorfológicamente el área de estudio está ubicada en la parte sur del CVSLP, es principalmente un valle con formas topográficas que van de relativamente suaves a moderadamente abruptas, con factores de erosión tanto físicos como químicos, predominando los primeros.

El relieve consiste en lo general de una superficie inclinada de sur a norte, descendiendo de poco más de 2500 a los 1200 msnm, particularmente en el área de estudio tiene algunas zonas con partes elevadas y otras con lomeríos formando algunas mesas.

La geomorfología del área de estudio puede dividirse en cuatro zonas:

1. En la porción N y NE de la zona, esta la continuación hacia el Sur de la Sierra de San Miguelito, caracterizada por topografía muy abrupta, con elevaciones de 2850 msnm, formada por un grueso paquete de rocas volcánicas del Oligoceno.

2. En la parte central del área de estudio, se encuentra un valle tectónico (Semigraben de Bledos), con dirección NW, y un ancho promedio de 7.5 Km, este valle se encuentra relleno por piroclásticos de diversas unidades que se describirán más adelante.

3. Hacia el S y SW del “Semigraben de Bledos”, el terreno vuelve a levantarse para formar la Sierra de Carranco, que culmina a los 2550 msnm.

Capítulo 3. Marco Geológico Regional

3.1. Introducción

El CVSLP está dentro de la Faja Ignimbrítica Mexicana o SMOcc., la cual es considerada la provincia ignimbrítica más grande del mundo, con anchos variables que en lo general son del orden de 300 Km, longitud de más de 1200 Km. (Ordóñez, 1901) y se extiende en nuestro país desde la frontera norte con los E.U.A., hasta la FVTM. De acuerdo a los criterios petrológicos propuestos por Cameron y colaboradores (1980), el CVSLP corresponde a las facies de rocas calcoalcalinas con alto contenido de K de la provincia Magmática de la Sierra Madre Occidental (Aranda et al., 1983).

La tectónica del Terciario Medio a Superior en el CVSLP, es eminentemente extensional, marcada por la presencia de fosas y pilares tectónicos de orientaciones NE-SW (e.g. el Graben de Villa de Reyes) y NW-SE (e.g. el sistema de fallas dominó de la Sierra de San Miguelito y Semigraben de Bledos).

La formación de estas estructuras sucedió después de la expulsión de la mayoría de las rocas volcánicas, pero antes del depósito de los flujos de ceniza del miembro superior de la Riolita Panalillo, los cuales rellenaron y/o cubrieron a estas estructuras (Tristán-González, 1986). En este tiempo inició el volcanismo bimodal en el CVSLP, representado por la intercalación de basaltos y rocas félsicas, este volcanismo continuó después de los 26 Ma, con la emisión de basaltos suavemente alcalinos.

El último evento volcánico en las cercanías del CVSLP consistió en la emisión de las basanitas del Plio-Pleistoceno.

Hacia la zona NE y E del área, está la parte Sur de la Sierra de San Miguelito, la cual consiste de un paquete de rocas volcánicas muy falladas, que descansan discordantemente en su extremo SE sobre sedimentos marinos de edad Berriasiano-Valanginiano.

En la parte Sur del área se encuentra la Sierra de Carranco y está representada por la Riolita San Miguelito con algunas cubiertas de la Riolita Panalillo cerca de la Fosa de Bledos. Es frecuente encontrar a lo largo de algunas

fallas, efusiones de los miembros inferior y superior de la Riolita Panalillo, también se observan algunas emisiones de basaltos a diferentes niveles estratigráficos.

La Sierra de las Cuchillas se encuentra al W del área de estudio, y consiste básicamente de la Ignimbrita Cantera, cubierta en el área Los Castillo por la traquita del mismo nombre y por un pequeño afloramiento de basalto al SW de la Hacienda de Santiago.

3.2. Estratigrafía Regional

3.2.1. Cretácico

a. Sedimentos Marinos: Cretácico Inferior (Berriasiano-Valanginiano)

Un poco fuera de la zona de estudio se observa una franja alargada de esta formación, en la base de la Sierra de San Miguelito, parte occidental del Graben de Villa de Reyes. Consiste de una alternancia de lutitas y areniscas de grano fino a medio, de color gris verdoso, en capas de 10 a 50 cm de espesor. Los cristales de cuarzo de las areniscas se observan de angulares a subredondeados, algo de moscovita, en matriz calcárea.

Al sur del pico el Bernalejo se observan una serie de vetas de cuarzo blanco, atravesando estos sedimentos, esta zona se encuentra alterada hidrotermalmente, presentando argilización y silicificación fuerte así como una coloración amarillento-rojiza, esta alteración se encuentra restringida al área cercana a las vetas, el rumbo general de las vetas es NW. En esta zona se observan óxidos de hierro, así como mineralización de sulfuros.

En la Carta Santa María (Rodríguez-Ríos, 2003), se realizó un estudio micropaleontológico de estos sedimentos el cual aportó la siguiente información:

La muestra MPS-001 reportada por el autor antes citado, tiene las siguientes características: Micrita tipo "Mudstone" con alto contenido de cuarzo (20-30 %), con sorteo de regular a bueno. Los cristales de cuarzo son angulares a subredondeados, también se observa un contenido importante de cristales opacos (pirita, 15-20 %).

Los componentes biógenos son espículas de esponjas, fragmentos de algas filamentosas (alto contenido > 20 %) y radiolarios. Los microfósiles son escasos pero se logró determinar *Calpionellopsis simplex*, *Tintinnopsella carpathica*, *Calpionella alpina*. Estas especies indican una edad del Berriasiano Medio-Tardío. Las características composicionales sugieren un ambiente pelágico en zona de plataforma externa a talud interno.

Muestra MPS-002: Roca micrita tipo "Mudstone" con alto contenido de cuarzo (20-30 %) en un sorteo de regular a malo. Los cristales de cuarzo son angulares a subredondeados, se observan cristales de pirita en una concentración de un 10-15 %, y zonalmente hasta un 20 %. Además se observan cristales aislados de dolomita.

Los componentes biógenos son fragmentos de algas, radiolarios y espículas de esponjas. La microfauna identificada es: *Calpionella elliptica*, *Calpionella alpina* y *Tintinnopsella carpathica*. La asociación de estas especies indica una edad del Berriasiano Temprano. Los elementos composicionales indican un ambiente pelágico, en plataforma media a externa.

En la bibliografía esta secuencia se describía como Formación Caracol (Ksc); Cretácico Inferior (Coniaciano-Maestrichtiano), pero la edad determinada por microfósiles en estas muestras, señalan que se trata de otra unidad diferente.

3.2.2. Terciario

a). Ignimbrita Santa María: (Tis)

Terciario – Oligoceno

Inicialmente descrita de manera informal por Labarthe y Tristán (1980), después fue formalmente propuesta como ignimbrita Santa María por Labarthe et al., (1982), considerando su localidad tipo en los cerros inmediatamente al Norte de la ciudad de Santa María del Río S.L.P.

Se observa hacia la parte Oriente del área de estudio. En la parte baja de la Sierra de San Miguelito se encuentra sobreyaciendo discordantemente a los sedimentos marinos del Berriasiano-Valanginiense, y subyace discordantemente a la "Latita Portezuelos" y en ocasiones a la Riolita San Miguelito.

Se presenta como una roca de color gris a rojizo, con textura porfirítica y eutaxítica, con el 30 a 40 % de fenocristales de 2-5 mm de cuarzo subhedral y sanidino euhedral, así como pómez bien colapsada y algunos óxidos de hierro, se encuentra bien soldada, en ocasiones se presenta columnar. En su base se puede observar un vitrófido de color negro de poco espesor y hacia su cima una toba parcialmente soldada, es de color amarillo claro; con contenidos de entre 10 a 15 % de fenocristales de cuarzo y feldespatos, bien estratificada y gradada.

De acuerdo a la clasificación de Pecerrillo y Taylor, (1976) esta roca es una riolita rica en potasio, encontrándose en el campo de las rocas calcoalcalinas del diagrama AFM de Irving y Baragar (1971). Esta unidad constituye la base de la secuencia volcánica del CVSLP.

b). Latita Portezuelo: (Tlp)

Terciario (Oligoceno)

(30.6 ± 1.5 Ma.)

Originalmente descrita por Labarthe y Tristán (1978), como una latita porfirítica dentro de la cartografía de la carta San Luis Potosí, posteriormente se propuso formalmente como Latita Portezuelo por Labarthe, Tristán y Aranda (1982), considerando su localidad tipo en las inmediaciones del poblado de Portezuelo, en el municipio de Cerro de San Pedro, S.L.P.

Aflora únicamente en la parte oriental de la zona de estudio, en pequeños afloramientos, sobreyace a la Ignimbrita Santa María y subyace a la Riolita San Miguelito.

Generalmente se observa como una lava de color gris claro a café grisáceo, con textura holocristalina, inequigranular, porfirítica, con matriz afanítica, contiene entre el 10 a 15 % de fenocristales de tamaño entre 2 a 6 mm, los cuales son de sanidino, plagioclasa y cuarzo subordinado. Estos fenocristales son de formas euhedrales a subhedrales. La matriz consiste de microlitos de plagioclasa, como minerales accesorios se observan magnetita, circón y apatito. En general intemperiza a un color café rojizo.

Análisis químicos de muestras de esta unidad colectadas en el CVSLP, la caracterizan como una riolacita rica en K (Labarthe et al., 1982). Mientras que análisis químicos realizados en la Carta San Luis Potosí, la caracterizan como una traquita con tendencia a dacita rica en potasio, de acuerdo al diagrama de clasificación de Peccerillo y Taylor (1976).

Una datación por el método K/Ar en roca total, en la localidad tipo, nos muestra una edad de 30.6 ± 1.5 Ma (Labarthe et al., 1982), lo que la ubica en el Oligoceno Medio.

c). Riolita San Miguelito: (Tsm)

Terciario (Oligoceno)

(30.1 ± 1.5 Ma.)

Informalmente descrita por primera vez por Labarthe-Hernández y Tristán-González (1978), en la cartografía geológica de la Hoja San Luis Potosí. Posteriormente fue propuesta formalmente como Riolita San Miguelito por Labarthe-Hernández et al., (1982). Su localidad tipo se ubica en la estribación norte de la Sierra de San Miguelito. Labarthe-Hernández y Jiménez-López. (1992) dividieron a esta formación en cuatro unidades, que de la base a la cima son: tefra basal (Tsmb), brecha de desintegración (Tsmo), riolita desvitrificada central (Tsm) y caparazón (Tsmc). Se encuentra aflorando en varias zonas del área y principalmente hacia el NE de la misma (Sierra de San Miguelito).

Específicamente se encontró hacia la porción central sur, central norte y oriente de la zona de estudio.

En lo general se observa como una roca de color gris a gris claro, con textura porfirítica con 20 % de fenocristales de tamaño variando entre 2 a 3 mm. los cuales son principalmente de cuarzo y sanidino, ambos de forma subhedral a anhedral en matriz fina, se observan también algunos óxidos de fierro. En su mayoría presenta estructura fluidal. Se puede observar en algunas zonas un vitrófido, sobre el que se encuentra una toba sin soldar con abundante pómez y fragmentos de líticos de colores blanco y rojizo.

De acuerdo a la clasificación de Peccerillo y Taylor, (1976) se trata de una riolita rica en potasio. Dentro del diagrama de Irving y Baragar, (1971) se muestra como una roca subalcalina.

El alto contenido de flúor que presenta en algunas ocasiones esta formación, permite su gran fluidez, así como la presencia de topacios sobre todo hacia la parte norte del área (domos Cerro Reyna y Cerro Lobo), estos topacios se encuentran en pequeñas cavidades y, se formaron durante la fase vapor (Rodríguez-Ríos, 1997), lo importante de esto es que las riolitas con topacio se encuentran relacionadas a depósitos económicos de Be, U, F, Li y Sn (Rodríguez-Ríos, op. cit.).

Sobreyace discordantemente a la Ignimbrita Santa María y en ocasiones a la Latita Portezuelos, Subyace también discordantemente a la Andesita Calderón en la zona del poblado de Calderón, así como a la Ignimbrita Cantera.

Su espesor parcial al norte del Pico El Bernalejo es del orden de 450 m y en la sección medida al norte del ejido de Calderón es de 73 m, adelgazándose hacia el sur, este espesor variable depende sobre todo de la distancia de su centro de erupción.

Su edad determinada por el método de K/Ar de roca total en una muestra de su localidad tipo, es de 30.1 ± 1.5 Ma (Labarthe-Hernández et al., 1982).

Desde el punto de vista estructural se puede observar que esta unidad se encuentra emplazada en forma de domos a través de ambos márgenes del Graben de Villa de Reyes.

d). Andesita Calderón: (Tac)

Oligoceno Tardío

Esta unidad fue descrita y propuesta informalmente con nombre de Andesita Calderón por Labarthe-Hernández y Tristán-González, (1980), en la cartografía geológica 1:50,000 de la Hoja San Francisco, S.L.P., trabajo en el cual se dividió de la base a la cima, en las siguientes unidades.

1. Brecha de desintegración y flujos de lava dacítica: (Tacb)

La secuencia de la Andesita Calderón tiene en su base una brecha de desintegración monolitológica, que consiste de fragmentos angulares de tamaño variando entre 5 a 80 cm de una roca de color café (probable dacita), es fluidal, con escasos fenocristales (1%) de sanidino, plagioclasa y cuarzo en matriz muy fina, con pequeños huecos de 2 a 4 mm, rellenos de sílice. En parte, esta roca está alterada, tomando un color amarillento y haciéndose arcillosa. Esta brecha pasa lateralmente a flujos de lava de la misma roca dacítica que compone los fragmentos.

2. Toba Calderón: (Ttc)

Descansa sobre la unidad anterior, es una toba de color blanco, sin soldar, estratificada, con abundante pómez blanca sin colapsar, con 1 a 2 % de fenocristales de 2 a 4 mm de cuarzo y sanidino, en matriz de ceniza volcánica. Tiene líticos aislados de color rojizo de tamaño de 3 mm a 1 cm. Esta toba pasa gradualmente hacia arriba a una toba laminar de color café, compacta, con pequeñas fiames de vidrio de tamaño de 1 a 3 mm, en matriz de ceniza volcánica.

3. Flujos de lava andesíticos y basálticos: (Tac)

Es una serie de flujos de lava con aislados piroclásticos intercalados, los cuales hacia su base son de composición riódacítica, pasando transicionalmente a una andesita, para terminar hacia su cima con un basalto de color negro y vesicular.

La andesita es una roca de color gris verdoso, de textura holocristalina, porfirítica y matriz afanítica, contiene un 15 % de fenocristales de tamaño de 1 a 2 mm de plagioclasa y sanidino, en matriz compuesta de microlitos de plagioclasas. Los ferromagnesianos están alterados a óxidos de hierro, tiene circón y apatito como minerales accesorios.

El basalto de la cima es una roca de color negro, vesicular, con 5 a 10 % de plagioclasas de tamaño variando de 1 a 2 mm, los cuales se encuentran en matriz vítrea. Tiene cristales aislados de olivino con anillos de reacción.

En cuanto a espesores, la Toba Calderón tiene entre 74 a 135 m y la Andesita Calderón es de aproximadamente 100 m como máximo. El espesor de la brecha de desintegración se desconoce por no aflorar su base.

En general la Andesita Calderón se observa aflorando al norte del poblado antes citado, donde se restringe a una zona de erupción muy pequeña, muy cerca de la intercepción de las fallas de las fosas de Bledos y Villa de Reyes. Sobreyace discordantemente a la Riolita San Miguelito y subyace a la Ignimbrita Cantera

Su edad se determinó por su posición estratigráfica, entre la Riolita San Miguelito (30.0 ± 1.5 Ma) y la Ignimbrita Cantera (29.0 ± 1.5 Ma), correspondiendo al Oligoceno. (Labarthe Hernández et al., 1982).

De acuerdo a la clasificación de Peccerillo y Taylor, corresponde a una andesita rica en K (Tristán-González, 1986).

e). Ignimbrita Cantera: (Tic)

Terciario (Oligoceno)

(29.0 ± 1.5 Ma.)

Originalmente fue descrita informalmente por Labarthe-Hernández, y Tristán-González, (1978), en la cartografía geológica de la Hoja San Luis Potosí, posteriormente fue formalmente propuesta como formación por Labarthe-Hernández et al., (1982), nombrándola como Ignimbrita Cantera, considerando su localidad tipo, el arroyo de la Cantera, localizado a 2.5 Km al NW del poblado Los Arroyos, S.L.P. Aflora en la porción norte y oriente del área de estudio.

Se trata de flujos piroclásticos que se ven en zonas bien soldados y algunas parcialmente soldados, las zonas soldadas presentan estructura columnar, mientras que los flujos sin soldar son buenos horizontes índices, que ayudan a la interpretación fotogeológica. Los flujos se separaron de acuerdo a su grado de soldamiento como sigue:

1. Base sin soldar: (Tic)

La base de esta Ignimbrita Cantera, consiste de la porción sin soldar de un flujo piroclástico riolítico, su espesor va de los 2 a los 30 m, es una roca de

coloración blanca a rosácea, masiva, sin estratificación ni gradación, con abundante pómez sin colapsar de tamaño promedio de 2 cm, con el 15 % de fenocristales de cuarzo y sanidino y en menor cantidad contienen biotita, están en matriz de ceniza volcánica. Contiene además 1 a 2 % de líticos de color verdoso y rojizos de probable arenisca y algunos de coloración café de rocas volcánicas (son más abundantes hacia la base).

2. Ignimbrita Cantera soldada: (Tics)

Transicionalmente la base sin soldar pasa a una zona delgada (2 a 3 m), la cual está parcialmente soldada y luego pasa al flujo piroclástico bien soldado, que consiste de una roca de color gris rosáceo a café grisáceo, de textura mero a holocristalina, porfirítica, eutaxítica, con contenidos de entre el 30 al 430 % de sanidino euhedral, 40 % de cuarzo anhedral a subhedral, 15 % de plagioclasas (oligoclasa) débilmente zonadas, 4 % de biotita y 1 % de magnetita alterada a hematita. La matriz muestra textura vitroclástica y eutaxítica. La matriz tiene débil birrefringencia, lo cual sugiere que está desvitrificada hacia un agregado felsítico criptocristalino.

La fuente de los materiales piroclásticos de la Ignimbrita Cantera, se considera que se localiza en la margen SW del Río Potosino, a la altura del rancho Las Capillas, en donde aflora una brecha co-ignimbritica de rezago. Este lugar está fuera del área de estudio y fue descrito por Labarthe-Hernández y Jiménez-López, (1992)

Sobreyace a la Latita Portezuelo, rellenando canales y de manera discordante a la Riolita San Miguelito y a la Andesita Calderón. Subyace de la misma manera a la Riolita el Zapote, a los dos miembros de la Riolita Panalillo y al Conglomerado Halcones.

El espesor de esta unidad medido a partir del arroyo de los arquillos es del orden de 280 m.

En base a su posición estratigráfica se le asigna una edad del Oligoceno Superior. Su edad fue determinada por el método K/Ar en roca total, dando 29.0 ± 1.5 Ma, Labarthe-Hernández et al., (1982), en una muestra tomada cerca del

poblado de La Pila, S.L.P., lo que la coloca en el Oligoceno tardío. En el 1985 McDowell (comunicación escrita al ing. Labarthe Hernández), usando sanidino obtuvo una edad de 29.9 ± 0.6 Ma en una muestra tomada en el km 23 de la carretera San Luis –Guadalajara.

f). Ignimbrita San José: (Tsj)

Oligoceno

Fue descrita originalmente por Labarthe Hernández y Jiménez-López (1994) en la cartografía geológica 1:20,000 de la porción sureste de la Sierra de San Miguelito, siendo su localidad tipo a la entrada del Cañón de San José. Aflora únicamente en la parte norte central del área estudiada.

Este paquete ignimbrítico consiste de la base a la cima de:

1. Zona sin soldar de color crema a rosa, es masiva sin estratificación ni gradación, con 5 a 10 % de fenocristales de cuarzo y sanidino, pómez sin colapsar y algunos líticos, en matriz de cenizas. Tiene de 5 a 15 m de espesor

2. Vitrífico eutaxítico de color negro a café rojizo, con 10 a 15 % de fenocristales de cuarzo y sanidino en matriz vítrea. Hay abundantes fiamas de vidrio negro, a veces con algún fenocristal dentro de él. Este fiame es de 4 mm a 5 cm, con alta relación de colapsamiento. Su espesor es del orden de 40 m.

3. Transicionalmente pasa a la parte desvitrificada, la cual tiene un espesor de 3 a 10 m, es de color gris rosáceo a rosa, el fiame se vuelve de color gris claro y la matriz está desvitrificada. En ocasiones está lajosa, con numerosas fracturas verticales. Sobreyace a la Ignimbrita Cantera y subyace a la Riolita Zapote.

Su edad está dada por su posición estratigráfica entre la Ignimbrita Cantera (29.0 ± 1.5 Ma. Labarthe-Hernández et al., 1982) y la Riolita Zapote (27.0 ± 0.7 Ma. Nieto-Samaniego et al., 1996), siendo por lo tanto del Oligoceno Medio.

g). Riolita Zapote: (Tz)

Oligoceno

(27.0 ± 0.7 Ma.)

Fue descrita originalmente por Labarthe-Hernández y Tristán-González (1980 a) en la cartografía geológica de la Hoja San Francisco, S.L.P., posteriormente fue propuesta como formación por Labarthe et al., (1982), considerando su localidad tipo en el parteaguas entre los arroyos de La Laja y El Zapote, en la Sierra de San Miguelito. Aflora solamente en la porción central-norte del área estudiada.

Consiste de una lava riolítica que en su base tiene una brecha de desintegración, con fragmentos angulares de 2 a 50 cm de vitrófido negro y/o de riolita parcialmente desvitrificada o en ocasiones presenta un vitrófido negro masivo. El resto es una roca de color gris claro, de textura porfirítica y fluidal, merocristalina en su parte inferior y holocristalina hacia su parte media y su cima; contiene 20 % de fenocristales de 1 a 2 mm de sanidino y cuarzo, con algunos ferromagnesianos convertidos a óxidos de hierro, en matriz fluidal.

Hacia su base, alternan siguiendo la foliación, bandas de vidrio y bandas desvitrificadas, teniendo abundantes esferolitas de 2 a 5 mm, algunas redondas y otras alargadas. Hacia su porción media presenta cavidades irregulares con depósito de fase de vapor (vuggy zone) y hacia su cima tiene estructura columnar con algunas cavidades.

Su espesor aproximado es de 350 m. Sobreyace discordantemente a la Ignimbrita Cantera, no subyace a ninguna otra unidad de roca, por encontrarse en la cima de la sierra.

Nieto-Samaniego et al., (1996) determinaron por K/Ar en sanidino una edad de 27.0 ± 0.7 Ma., para una muestra de esta unidad, localizada en el domo del Cerro Tocho, al NW del área estudiada.

h). Riolita Panalillo inferior (Tap)

Terciario (Oligoceno)

(26.8 ± 1.3 Ma)

Estas tobas fueron originalmente descritas en forma informal 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 al poniente del poblado de Panalillo.

Se encuentra principalmente en la fosa de Bledos como material de relleno, se considera como una toba depositada por aire, bien estratificada, gradada, en capas de 5 a 20 cm, color crema, con horizontes que varían de grano muy fino a arenoso y aún conglomeráticos. Se observa que en algunos lugares y sobre todo hacia su base, se depositaron en agua, mezclándose con materiales de acarreo, por lo que podemos inferir que se trata de depósitos volcanoclásticos depositados en la fosa de Bledos.

Se puede generalizar como una toba depositada por aire, bien estratificada, con estratos de 5 a 10 cm, intercalándose de granos grueso y granos finos, de color crema, con un 15 % de fenocristales de cuarzo, en una matriz arcillosa, contiene algunos líticos de hasta 3 cm, se le observa en algunas ocasiones gradación y estratificación cruzada.

Particularmente consiste de una serie de flujos de ceniza sin soldar, de color crema a amarillento, con 5-10 % de fenocristales de cuarzo y sanidino, pómez sin colapsar y líticos de areniscas rojizas y verdes, y de rocas volcánicas en matriz de esquirlas de vidrio y fragmentos del tamaño de ceniza, estos flujos de ceniza tienen intercalaciones de tobas de caída, bien estratificadas en capas de 2 a 10 cm, gradadas, muy finas y laminares, casi sin fenocristales y aisladamente presenta estratificación cruzada, con cierta frecuencia se observan pequeños diques de tufocita de 10 a 40 cm. Esta unidad se puede considerar como originada por procesos de volcanismo explosivo, en un medio ambiente de tectónica extensional.

El espesor del miembro inferior de la Riolita Panalillo en el Valle de San Luis, se conoce en el pozo del poblado de la Rivera en donde se cortaron 234 m.

En algunas partes subyace al Basalto La Placa, mientras que existen otras zonas donde subyace directamente al miembro superior de la Riolita Panalillo.

En base a su correlación estratigráfica se considera de la misma edad del llamado miembro superior de la Riolita Panalillo (26.8 ± 1.3 Ma).

i). Basalto La Placa: (Tbp)

Terciario (Oligoceno)

(27.5 ± 0.6 Ma.)

Originalmente descrito informalmente por Tristán y Labarthe (1979), en la cartografía de la Carta Tepetate, como Basalto La Placa. En la Carta San Francisco lo reportan como basalto, intercalado entre los dos miembros de la Riolita Panalillo.

Aflora principalmente en la fosa de Bledos, presentándose generalmente intercalado entre los dos miembros de la llamada Riolita Panalillo (Tap y Trp).

Se trata de una roca de color negro, en ocasiones vesicular, afanítica, textura holocristalina, los microfenocristales son de andesina y olivino alterado a bowlingita. La matriz es de microlitos de plagioclasa, magnetita oxidada y posible piroxeno intersticial.

En esta zona sobreyace al miembro inferior de la Riolita Panalillo, y subyace al miembro superior de la Riolita Panalillo, aunque existan otras zonas del CVSLP, en la cual no se observa esta unidad y se presentan los dos miembros de la Riolita Panalillo en contacto.

Su edad estaba dada únicamente en base a su posición estratigráfica entre los dos miembros de la Riolita Panalillo y, se le asignaba una edad similar al miembro superior de la Riolita Panalillo (Trp), ahora sabemos que su edad promedio determinada es de 27.5 ± 0.6 Ma., la cual fue determinada en roca total por el método K-Ar.

En éste trabajo se describieron petrográficamente 8 muestras, de las cuales las VB 4, 6, 43, 46, 47 y la 48, se determinaron como Andesitas Basálticas. La VB 42, se determinó como Basalto Andesítico y la VB 39, se determinó como Basalto. (Ver el anexo 2 de petrografía).

j). Riolita Panalillo superior: (Trp)

Terciario (Oligoceno)

(26.8 ± 1.3 Ma.)

Estas rocas ignimbríticas fueron descritas anteriormente por Labarthe et al, 1982 como Riolita Panalillo Superior, la cual tiene su localidad tipo a 4 Km al E de la ciudad de San Luis Potosí, y a 0.5 Km. al W del poblado el Panalillo.

Aflora hacia la parte central del área, rellena la fosa de Bledos y cubre como casquetes aislados a las otras unidades volcánicas.

Consiste de ignimbritas semiconsolidadas a bien soldadas de color café rojizo, café claro, textura merocrystalina, porfirítica y eutaxítica, con fenocristales de cuarzo y sanidino en matriz parcialmente desvitrificada, presenta pómez bien colapsada y líticos aislados, hacia su base en ocasiones presenta un vitrófido de color negro de 1 a 2 metros de espesor. Se observan zonas de desvitrificación y horizontes esferulíticos, por lo que se puede identificar como una ignimbrita de alto grado.

Sobreyace concordantemente a la andesita basáltica y en algunas ocasiones discordantemente a la Ignimbrita Cantera, así como a la Riolita San Miguelito, y subyace en algunas zonas discordantemente al denominado Basalto Cabras (Tbc).

Se determinó su edad por el método K/Ar en roca total, dando como resultado 26.8 ± 1.3 Ma, (Labarthe-Hernández y De la Huerta-Cobos, 1998).

Labarthe-Hernández et al., (1982) realizaron análisis químicos de una docena de muestras (elementos mayores), caracterizándola como una riolita rica en potasio de acuerdo con el diagrama de Peccerillo y Taylor (1976).

k). Basalto Cabras: (Tbc)

Terciario (Mioceno)

Originalmente descrito informalmente como Basalto Cabras por Labarthe y Tristán (1980), posteriormente Labarthe et al., (1982), lo proponen formalmente tomando el nombre de la localidad tipo, situada aproximadamente a 2 km al N 45° W del poblado de Cabras en el Municipio de Villa de Reyes, S.L.P., aflora

principalmente hacia la parte norte occidental de la fosa de Bledos, sobreyace discordantemente al miembro superior de la Riolita Panalillo (Trp) y no se encuentra cubierto por rocas más jóvenes, se trata de un traquibasalto de color negro, afanítico, con algunos fenocristales aislados de olivino, se presenta también brechoso y vesicular y hacia la cima abundan más las vesículas. en algunas pequeñas zonas se observa en forma de lajas

Se pensaba que uno de los basaltos expulsados durante esta etapa de volcanismo bimodal, es el Basalto Cabras, el cual es posterior a la Riolita Panalillo, se suponía que no era grande el intervalo de tiempo que los separaba (≈ 1 Ma), ya que su edad estaba dada por su posición estratigráfica sobreyaciendo discordantemente a la Riolita Panalillo, lo que lo coloca muy probablemente en el Mioceno.

Sin embargo en el presente estudio se han determinado edades K/Ar en roca total para el Basalto Cabras en roca total, de 20.07 a 20.60 ± 0.48 Ma. por lo que se considera que éste basalto está fuera del llamado volcanismo bimodal simplemente por la diferencia de edad con respecto a la Riolita Panalillo, la cual tiene edad determinada de 26.8 ± 1.3 Ma., por el método de K/Ar en roca total (Labarthe-Hernández et al., 1982).

Las muestras que se analizaron de esta unidad por el método K/Ar en roca total, obteniéndose las siguientes edades son:

	Edad
Muestra MEZ 1	20.64 ± 0.48 Ma.
Muestra VB 22	20.07 ± 0.48 Ma.

Por otra parte, en el hombro SE del Graben de Villa de Reyes, cerca de Nuevo Valle de Moreno, Gto., se tiene una determinación de K/Ar de roca total del Basalto Cabras de (24.7 ± 1.2 Ma,) y que se creía era relacionable con el Basalto La Placa (Labarthe-Hernández y De la Huerta-Cobos, 1998). Sin embargo ahora sabemos que el volcanismo bimodal debería estar por edad íntimamente relacionado entre los 2 miembros de la Riolita Panalillo, como lo está el miembro superior de la Riolita Panalillo y el Basalto La Placa y que el Basalto Cabras está

fuera del volcanismo bimodal, ya que no cumple con el requisito de la edad para considerarlo así. Su espesor al oeste del poblado de Cabras es de aproximadamente 25 m. Sin embargo el Basalto Cabras es una unidad muy importante en el área de estudio, ya que es indicativa de la tectónica extensional.

l). Traquita Los Castillo (Tlc)

Se encuentra aflorando al sur de la Hacienda de Santiago, en la parte occidental del área de estudio y en la zona de la rancharía de los Castillo, en donde se observa sobreyaciendo a la ignimbrita Zapata. (Labarthe-Hernández y Tristán-González, 1980).

Se presenta como un derrame de roca de color café a gris oscuro, con textura porfirítica, contiene entre el 10 al 15 % de fenocristales de tamaño variando entre 2 a 4 mm de principalmente plagioclasas, en matriz de grano fino, sobreyace de manera discordante a la Ignimbrita Cantera, también se observa sobreyaciendo de manera discordante al miembro superior de la Riolita Panalillo (Trp). Su espesor aproximado es de 50 m.

m). Conglomerado Polimíctico: (Tcg)

Se están considerando como conglomerados a la serie de depósitos que se encuentran rellenando depresiones inter-montañas, los cuales se tratan de gravas y fragmentos mayores sin consolidar, que corresponden a las diferentes unidades volcánicas circunvecinas, los cuales se encuentran mezclados con arenas y arcillas y en ocasiones cementados por productos volcánicos jóvenes retrabajados principalmente de pumicitas, por lo general se encuentran cubiertos por delgadas costras de suelos residuales endurecidos y por cubiertas de suelos aluviales.

3.2.3. Cuaternario

a). Aluvión: (Qal)

Se consideran estos depósitos a la serie de arenas, limos y arcillas que se encuentran cubriendo todo el valle localizado en la fosa tectónica del Graben de Villa de Reyes y del de Bledos, se incluyen todos los suelos cultivables, además

de los conglomerados sin consolidar que forman terrazas en las márgenes de los arroyos principales.

b). Coluvión: (Qcl)

Este tipo de cubiertas se han depositado sobre las pendientes de las laderas de los cerros, son por lo general depósitos sin consolidar cuya composición es casi exclusivamente de la roca que forma el cerro del cual se derivaron. Sus tamaños varían desde unos cuantos centímetros hasta bloques de 2 m de diámetro. Muchas veces cubren a la roca que forman los cerros y pueden extenderse un poco más allá del cambio de pendiente, sobre todo los bloques más grandes que cayeron por gravedad

3.3. Estratigrafía Local

En el área de estudio afloran las siguientes unidades volcánicas y sedimentos como se muestran en la figura 3 y anexo 1; (plano geológico y de muestreo).

1. Terciario

a). Latita Portezuelo: (Tlp); (Oligoceno); (30.6 ± 1.5 Ma.)

b). Riolita San Miguelito: (Tymb, Tsmo, Tsm, Tsmc); (Oligoceno) (30.0 ± 1.5 Ma.)

Tymb:	Tefra basal
Tsmo:	Brechas de desintegración
Tsm:	Riolita desvitrificada central
Tsmc:	Caparazón

c). Andesita Calderón: (Tacb, Ttc, Tac); (Oligoceno).

Tacb:	Brecha de desintegración y flujos de lava dacíticos.
Ttc:	Toba Calderón.
Tac:	Andesita Calderón.

d). Ignimbrita Cantera: (Tic, Tics); (Oligoceno); (29.0 ± 1.5 Ma.).

Tic:	Base sin soldar
Tics:	Ignimbrita Cantera soldada.

- e). Riolita Zapote: (Tz); (Oligoceno); (27.0 ± 0.7 Ma.).
- f). Riolita Panalillo: (Tap, Trp); (Oligoceno); (26.8 ± 1.3 Ma.).
 Tap: Miembro Inferior
 Trp: Miembro Superior.
- g). Basalto La Placa: (Tbp), (Oligoceno); (27.5 ± 0.6 Ma.).
 (Andesita Basáltica)
- h). Basalto Cabras: (Tbc); (Mioceno); (20.64 Ma.).
- i). Conglomerado Polimíctico: (Tcg); (Terciario Superior).
- 2.- Cuaternario:
- a). Aluvión: (Qal).

Cada una de estas, está descrita en la estratigrafía regional, es conveniente aclarar que en el presente trabajo estudiaremos con más detalle y mucho más a fondo, La Riolita Panalillo, los Basaltos La Placa y Cabras.

Columna Estratigráfica Regional

Simbología	
CUATERNARIO	
	Aluvión
	Coluvión
	Arena - Limo
	Conglomerado Pliocénico
TERCIARIO	
	Troquel - Basalto (Cabran)
	Ignimbrita - Vitrofica (Panallillo)
	Andesita - Basáltica (Placa)
	Toba Rioltica (Panallillo)
	Rioltita - Brecha Volcánica Rioltica Zapote
	Ignimbrita - Toba Rioltica (Cantera)
	Andesita (Calderon)
	Rioltita (San Miguelito)
	Traquita (Portezuelo)
	Ignimbrita (Santa María)
CRETÁCICO SUPERIOR	
	Sedimentos Marinos

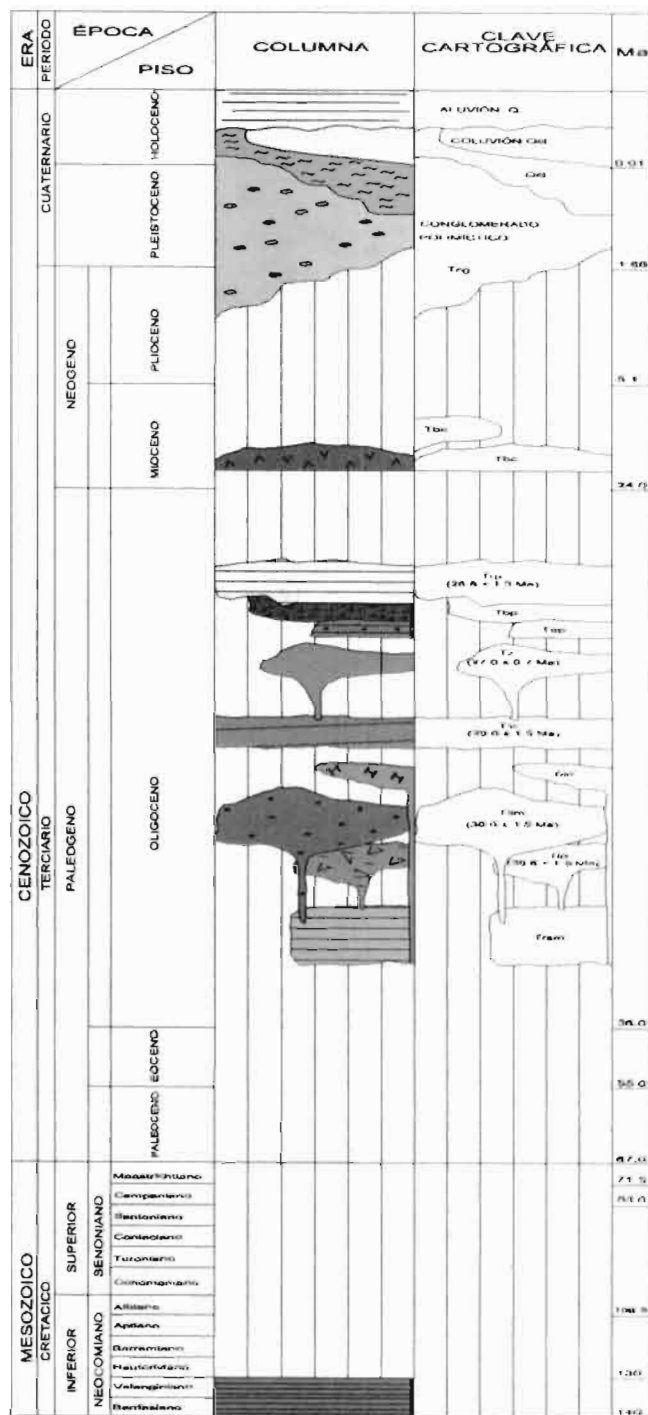


Figura 3. Columna Estratigráfica Regional. (Modificada de Rodríguez Ríos, comunicación personal).

3.4. Tectónica Regional

3.4.1. Introducción

Regionalmente en la zona de estudio se han reconocido una serie de fallas normales con orientación predominante NW-SE, producto de la tectónica de extensión del Oligoceno Medio, creemos que estas fallas fueron los principales conductos para la expulsión de los magmas existentes en la zona. Por lo que el volcanismo en el CVSLP, utilizó principalmente las fallas y fracturas producto de una fase distensiva, lo cual pertenecería a un volcanismo intracontinental asociado a la formación de fosas tectónicas. Respecto al área de estudio en donde no se encuentra la falla del margen poniente del SGB., creemos que si existe y que ésta sirvió de conducto para la salida de los basaltos existentes en la zona.

Bott (1981) propuso un modelo para este tipo de volcanismo (Figura 4), En este modelo, él considera que el volcanismo inicia en condiciones de extensión cortical en las regiones de flujo térmico elevado, donde se forma un conjunto de fallas y fracturas en la parte frágil de la corteza.

A: Principio del ascenso del magma bajo la corteza.

B: Combamiento causando presión en la cúpula.

C: Formación de una fosa por ruptura de la cúpula de diapiro.

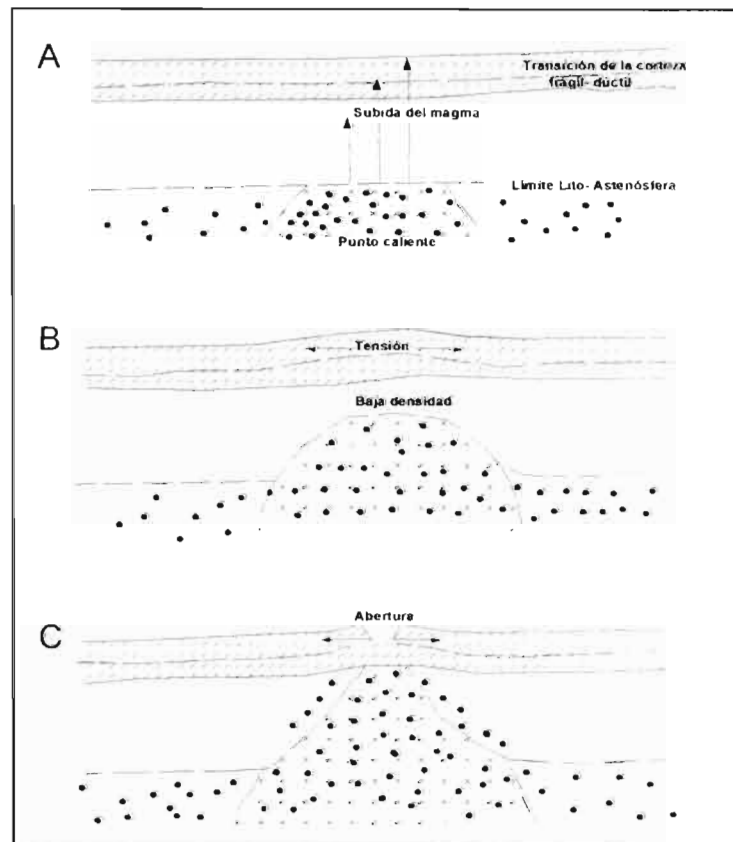
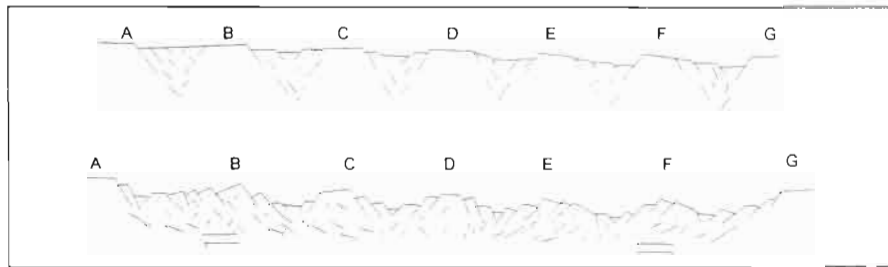


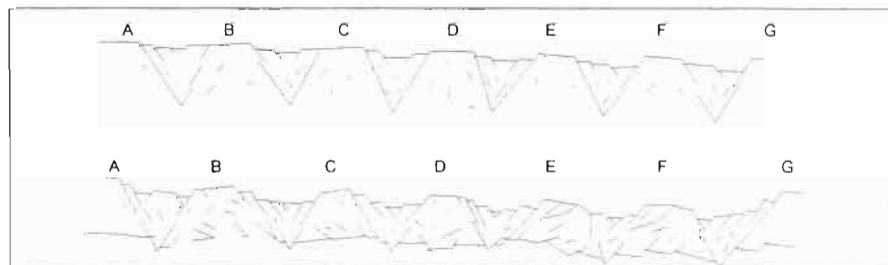
Figura 4: Etapas de desarrollo de una zona de extensión (Bott, 1981).

En la parte subyacente dúctil a una profundidad de 10 a 15 km, la extensión es disipada por deslizamiento. La corteza frágil se rompe y las intrusiones magmáticas de composición variable la penetran. Estas fracturas son utilizadas por la convección hidrotermal.

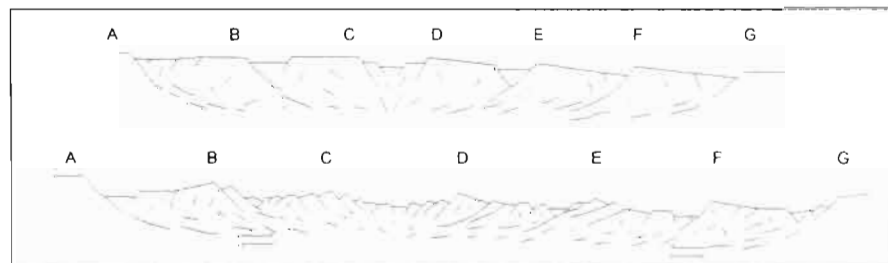
Según este modelo, la etapa preliminar a la fracturación y a la curvatura de la capa frágil, es la del ascenso de magmas, seguido por la fusión parcial del manto por la disminución de la presión a temperatura constante. Estos magmas suben en forma de diapiros en toda la región afectada. De esta manera la litosfera puede ser adelgazada en poco tiempo, dando como resultado curvatura, ruptura y volcanismo.



MODELO A: HORSTS Y GRABENS FORMADOS POR FRAGMENTACIÓN POR ARRIBA DEL SUBSTRATO PLÁSTICO EXTENDIDO



MODELO B: HORSTS Y GRABENS FORMADOS POR FRAGMENTACIÓN Y SEGMENTACIÓN DENTRO DE BLOQUES FLOTANTES



MODELO C: BLOQUES INCLINADOS RELACIONADOS A FALLAS LISTRICAS

Figura 5: Modelos de Formación de Horsts y Graben en fallas inclinadas (Modelos A y B) y fallas listricas (Modelo C). Tomado de Stewart, 1977.

Se han propuesto dos modelos generales de la estructura "Basin and Range" en la zona de la Gran Cuenca. Uno relativo a la estructura en un sistema de bloques estructurales rotados a lo largo de curvas, con fallas normales aplanadas hacia abajo, algunas veces llamadas fallas lístricas (Lowell et al., 1975), en la figura 5, se ve que la parte del alto de un bloque individual forma una montaña y la parte del bajo forma un valle (modelo C, figura 5). El segundo modelo, de "Horst y Grabens" se refiere a la estructura de un sistema de bloques caídos (Grabens), los cuales forman valles y bloques levantados (Horsts o Horsts inclinados), los cuales forman montañas (modelos A y B de la figura 5). Evaluando los dos modelos no es nada fácil aplicar alguno, es muy probable que la Provincia de "Basin and Range" involucre elementos de los dos modelos. (Stewart, 1977).

En un artículo previo (Stewart, 1971), el autor discute los dos modelos de las estructuras "Basin and Range" e indica la preferencia por el modelo de Horsts y Graben, y comenta que la estructura de "Basin and Range" es producida por la fragmentación de una parte de la corteza superior sobre un extenso substrato plástico.

3.4.2. Teorías de la formación de Cuencas y Sierras (C y S)

Recientemente se realizó y publicó una revisión crítica acerca de los modelos propuestos para el W de los Estados Unidos, excluyendo a la porción mexicana de C y S. Las hipótesis que se han propuesto, para la generación de estas provincias, en lo general pueden agruparse en varios tipos extremos como:

1. Las que apelan a procesos intraplacas (i.e; debido a fuerzas diversas generadas por las interacciones entre la placa Norteamericana con las placas Farallón y/o Pacífica. e.g; Severinghaus y Atwater, 1990).
2. Aquellas que asocian la extensión a procesos subcorticales, levantamiento o formación de una "ampolla" en el manto (e.g. Scholz et al., 1971).
3. Las que emplean mecanismos intraplaca, principalmente la energía potencial gravitacional generada por engrosamiento local de la corteza por plegamiento y/o magmatismo (e.g; Wernicke et al., 1987).

Dado que ninguno de los tipos extremos es capaz por si solo de satisfacer la complejidad de los fenómenos involucrados en la formación de C y S, en el W

de los Estados Unidos, también se han propuesto modelos que combinan dos o más de estos mecanismos extremos.

En comparación con el W de los Estados Unidos, la cantidad de información geológica y geofísica disponible acerca de la porción mexicana de C y S, es muy limitada. Consecuentemente, el número de los modelos también es más reducido. La cronología, intensidad y dirección de los pulsos de extensión terciaria han sido analizados en varias regiones de C y S. Aunque existen eventos comunes, que se repiten a través de la provincia, en detalle la historia puede diferir de un área a otra.

Las características generales de las estructuras de C y S, como se describen, consisten de montañas (horsts) y de valles (Grabens).

Dos ejemplos de estructuras de C y S, pueden ser descritos, y ambos pueden ser explicados por la misma teoría. La discusión estaría enfocada únicamente en la estructura del valle (del graben inferido), si la estructura de C y S, está relacionada a zonas profundas de extensión como lo propuso originalmente Thompson, (1959) entonces las estructuras de graben producidas por esa extensión están dentro de los elementos activos en el sistema y la interacción del valle con montañas que se interpretan como horsts.

Evidencias de la existencia del graben consisten mayormente de mapas, que muestran un valle delimitado por fallas de hundimiento y mapas de gravedad que muestran relativamente los gradientes escarpados y de esta manera, por inferencia, se interpretan los estratos de roca inclinados, escarpados en el subsuelo en cualquier lado del valle. Muchos de los valles en la gran cuenca (estado de Nevada en los EUA), parecen estar acentuados por un graben, y como origen de éste, aparece la explicación de las características generales de las estructuras de C y S.

Uno de los primeros en relatar lo de las estructuras de C y S, a lo largo del océano y en la corteza continental fue Menard, (1964). El sugiere que las estructuras de C y S, están relacionadas a las corrientes de convección en el manto y a la extensión lateral en los flancos del levantamiento del E del Pacífico.

Ideas más recientes relativas a las estructuras de C y S, se refieren a la fragmentación tensional oblicua dentro de un amplio cinturón de movimiento lateral derecho a lo largo del lado W de la placa continental Norteamericana. Esta teoría es basada sobre conceptos desarrollados por Carey (1958), Wise (1963), Hamilton y Myers (1966) y están bien definidos en relación y términos con respecto a la teoría de la tectónica de placas. Atwater, (1970) acorde a esto dice que el W de Norteamérica, está dentro de un amplio cinturón de movimiento lateral derecho relativo a movimiento diferencial entre las placas de Norteamérica y del Pacífico. Algunos de los movimientos laterales derechos están tomados arriba de la falla de San Andrés y fallas menores relacionadas a ella. El movimiento ha causado extensión y fragmentación tensional de la corteza (incluyendo estructuras de Cuencas y Sierras) a lo largo de las tendencias orientadas oblicuamente a la dirección de las fallas de San Andrés.

Las evidencias tienen y soportan una relación entre estructuras de C y S y estructuras oceánicas, esto está bien descrito por Christiansen y Lipman (1970) y otros. Ellos indican la iniciación de fallas de extensión en el W de E.U.A. y que corresponden con un cambio en el tipo dominante de volcanismo de una suite de composición intermedia calcoalcalina a alcalina-cálcica a una suite bimodal de basalto-riolita. Ellos sugieren que éste cambio coincide con la intersección de Norteamérica con el levantamiento del E del Pacífico (McKenzie y Morgan, 1969; Atwater, 1970), que aparentemente están en el tiempo de la iniciación de las fallas de transformación y movimiento lateral derecho en el W de E.U.A.

La interpretación de las estructuras de C y S, según Stewart (1971), enfatizan una estructura de cuenca compleja, consistente de muchas fallas de hundimiento y de bloques cortos (estructuras graben en graben). Este tipo de estructuras parecer estar acordes con los estudios geofísicos de los estratos de roca del subsuelo, en cuanto a su configuración, la cual es muy similar a los experimentos de laboratorio realizados en moldes de arcilla simulando grabens.

Los datos permiten la interpretación de esos grabens, acentuando los valles como zonas complejas de colapso sobre zonas estrechas de extensión a

profundidad y esas zonas de extensión están relacionadas a fragmentación de una parte de corteza arriba de un substrato plástico extendido.

Las zonas de extensión pueden estar sistemáticamente espaciadas y tienen un diseño regional similar al diseño de rompimiento en escala corta del sistema tensional. La extensión en la gran cuenca (Nevada, E.U.A.) puede ser cada 30 a 60 millas (Stewart, 1971) y la estimación de la extensión está probablemente en el rango de 0.3 a 1.5 cm/año, esto durante los últimos 17 Ma. En más partes de la gran cuenca, la tendencia de fallamiento N-S de la zona de extensión, indica un empuje separado de la corteza. Un diseño complejo en el modelo poligonal de fracturamiento, está sugerido por la distribución de montañas y valles. Estas áreas, son análogas al rompimiento poligonal en diseños de pequeña escala, y pudieran requerir una extensión radial local. Una considerable variedad de movimientos es posible en la deformación plástica de las capas debajo de la corteza superior.

El desarrollo histórico de las ideas sobre las teorías del origen de C y S, puede ser resumido desde Nolan, 1943, p 178-186; Roberts, 1968, y las discusiones de las teorías en las últimas fechas pueden ser agrupadas en 3 categorías como sigue:

1. Las estructuras de C y S, son similares a esas producidas por deslizamientos de tierra y relacionadas con remoción del soporte lateral o con un cerrado deslizamiento de altos regionales (Mackin, 1960 a, b; Moore, 1960)

2. Las estructuras de C y S, están relacionadas a la deformación de fallas de deslizamiento en la parte menos esperada en el campo, con un sistema conjugado de fallas de deslizamiento. (Shawe, 1965; Slemmons, 1957).

3. Las estructuras de C y S están relacionadas a asentamientos profundos de extensión, resultando de lo anterior, fragmentación de la parte superior de la corteza (Thompson, 1959, 1966; Hamilton y Myers, 1966; Cook, 1965, Roberts, 1968; Hamilton, 1969). Ésta teoría pudiera ser la más aceptada.

3.4.3. Provincia Tectónica de Cuencas y Sierras en la República Mexicana

En la República Mexicana, la provincia de C y S, corresponde a las provincias fisiográficas de la SMOcc., MC y Mesa del Norte (Raisz, 1964). Su expresión morfológica característica se termina a la latitud de la FVTM y su prolongación hacia el Sur es incierta.

Es en general una gran área situada al W del Continente Norteamericano que ha experimentado tectónica distensiva, y se caracteriza por tener fallas normales que se formaron desde el Cenozoico medio y tardío, y ahora abarca en forma continua desde el SW de Canadá hasta el límite entre la MC y la FVTM.

La investigación sistemática de la Geología de la región de C y S inició en los años sesenta y ha seguido hasta la fecha. Los principales estudios han sido sobre edades de las secuencias volcánicas, (McDowell y Keizer, 1977; Swanson y McDowell, 1979), composición química y petrogénesis de las rocas de la SM Occ., (e.g., Cameron et al., 1980), estratigrafía volcánica, trama estructural, y evolución geológica de la MC y del extremo meridional de la SMOcc., (e.g. Labarthe-Hernández et al; 1982; Tristán-González, 1986; Aranda-Gómez et al; 1989; Nieto-Samaniego et al; 1997, Nieto-Samaniego y otros, (1999). La petrogénesis de basaltos (sensu lato) alcalinos con xenolitos del manto (e.g. Aranda-Gómez et al., 1992; Luhr et al., 1989, 1995, 1998).

3.4.4. Tectónica en la Mesa Central

En la MC, son formadas fosas y pilares tectónicos en asociación con el volcanismo félsico del Oligoceno. Existe evidencia en esta provincia, de dos grandes periodos de deformación los cuales dieron origen a estructuras de características diferentes. Las rocas sedimentarias mesozoicas han sido deformadas por compresión, mientras que las rocas del Cenozoico no muestran plegamientos. La única actividad tectónica observada en la cobertura cenozoica es el basculamiento de las unidades y la presencia de numerosas fallas con desplazamiento normal. Este segundo evento tectónico afecta también a las rocas más antiguas, pero el reconocimiento y la interpretación de las estructuras es más difícil, a causa de la superposición de las características debidas a la compresión.

El papel que jugaron las estructuras pre-existentes en la reactivación simultánea de sistemas ortogonales (NE y NW) de fallas normales cenozoicas en la MC, fue analizado por Nieto et al., (1997), concluyendo que durante el Cenozoico medio y tardío, la deformación fue triaxial, con alargamiento principal máximo de aproximadamente 20% E-W. Los sistemas de fallas reactivadas posiblemente fueron generadas en varios pulsos de extensión durante el Paleógeno (Aranda-Gómez y McDowell, 1998).

Ya que regionalmente en la SMOcc., la deformación extensional cenozoica es mínima e indica que ocurrió en dos eventos principales; el primero tuvo lugar en su parte oriental y, formó las fosas de Bolaños, Tlaltenango, Juchipila y Calvillo en el Mioceno temprano; y el evento más joven ocurrió en la parte occidental entre los 14 y 5 Ma, asociado con la apertura del Golfo de California, ambos eventos produjeron deformación biaxial.

En la parte meridional de la MC, la deformación cenozoica fue triaxial, formando fallas normales con dos direcciones aproximadamente ortogonales (NE y NW) que son presumiblemente sincrónicas. Los límites de la MC son el graben de Aguascalientes y el sistema de fallas San Miguel de Allende-Catorce, ambos con rumbo N-S.

En general en la MC hubo cinco eventos de deformación (un evento puede incluir varias fases de deformación). Dos de ellos tuvieron lugar en el Eoceno-Oligoceno temprano, el evento principal ocurrió en el Oligoceno tardío, sincrónicamente con gran actividad volcánica, un cuarto evento ocurrió en el Mioceno tardío y un último evento de magnitud muy pequeña, en el Plioceno-Pleistoceno, (Nieto-Samaniego et al., 1997).

Para la MC se calculó el elipsoide de deformación finita para toda la corteza, la elongación principal máxima fue de 19% en dirección E-W, perpendicular a los límites tectónicos de la MC en la dirección N-S, el alargamiento fue de 11 % y en la vertical hubo un acortamiento de ± 24 %. Los datos que se tienen indican que el tipo de deformación, bi o triaxial, no dependen del campo de esfuerzos, sino más bien de las condiciones del límite y de la estructura del cuerpo deformado.

Se concluye que la separación de los bloques de la SMOcc., y de la SMO, ocurrida sincrónicamente con levantamiento y gran actividad magmática, causó la deformación triaxial en la MC, ya que afectó a una corteza fuertemente anisotrópica, con numerosos planos de debilidad preexistentes, (Nieto et al., 1997).

Con respecto a la tectónica de la MC, Labarthe et al., (1982), Tristán-González, (1986), y Aranda-Gómez et al., (1989), propusieron que estas estructuras forman parte de la provincia tectónica de C y S (según Stewart, 1978), de acuerdo a su morfología, la zona se caracteriza por una alternancia de montañas alargadas y cuencas aluviales (pilares y fosas tectónicas) Esta deformación nombrada, afectó a las rocas del Mesozoico y del Terciario Inferior, y en el área, es seguida por intensa actividad ígnea en el Terciario Medio.

Regionalmente se puede apreciar que hay cuatro grandes depresiones topográficas dentro de la MC, las cuales son una que se extiende de Nuevo Valle de Moreno a San Luis Potosí, otra en Aguascalientes con dirección N-S, otra que se extiende de Aguascalientes a Celaya con dirección NW-SE y otra en cuyo interior están ubicadas las poblaciones de Dolores Hidalgo y San Miguel de Allende, Gto.; por la información geológica se sabe que estas depresiones corresponden al Graben de Villa de Reyes (Tristán-González, 1986), al Graben de Aguascalientes (Aranda-Gómez, et al., 1989) y a las semifosas de El Bajío y San Miguel de Allende, respectivamente.

En los E.U.A. las fallas y fracturas de extensión del Cenozoico se distribuyen desde el borde oriental de la Sierra Nevada hasta la parte SSW de la Meseta del Colorado, donde ellas forman el sistema de fosas y pilares tectónicos del Río Grande, figura 6.

3.4.5. Provincia Tectónica de C y S en San Luis Potosí

Los rasgos fisiográficos característicos de S.L.P., son el resultado de la evolución tectónica continental, en donde una fase tectónica oligocénica (≈ 28 Ma), generó una serie de fallas de distensión, esta fase tectónica es la

responsable de la formación de las fosas tectónicas (Grabens) de Villa de Reyes, Bledos y Villa de Arista.

Durante los últimos 10 años el conocimiento sobre la estratigrafía y la estructura de la parte meridional de la provincia MC, se ha incrementado notablemente gracias a los trabajos de Labarthe et al., (1982); Labarthe-Hernández y otros (1989), Nieto-Samaniego (1990), Labarthe y Jiménez (1992), Nieto y Aranda (1991), Aguillón-Robles y colaboradores (1994), etc., también fueron publicados algunos trabajos que abordan el aspecto tectónico como el de Pasquare et al., 1987; Aranda-Gómez et al., 1989; Nieto Samaniego et al., 1992. Henry y Aranda, 1992.

En 1986 Tristán-González realizó un análisis tectónico regional, utilizando una imagen de satélite "Landsat 4" (escala 1:250000 en banda 7), que cubre la mayor parte del CVSLP. Sobre esta imagen se pueden observar las rocas volcánicas así como las estructuras asociadas a los eventos volcanotectónicos que afectaron la región. La presencia de fallas normales de edad cenozoica está documentada ampliamente en el área de estudio (e.g. Labarthe -Hernández et al., 1982; Aranda-Gómez et al., 1989).

La parte sur de San Luis Potosí y norte de Guanajuato están formadas principalmente por pilares y fosas tectónicas de orientación principal NW-SE (Fosas de Bledos, Enramadas, Loreto y Aguascalientes), y NE-SW (Fosa de Villa de Reyes).

Labarthe et al., (1982), Tristán-González (1986) y Aranda-Gómez, et al., (1989), propusieron que estas estructuras forman parte de la provincia tectónica de C y S, (Stewart, 1978), ya que las depresiones y elevaciones muy alargadas y paralelas que muestra la hipsografía de la región, sugieren que estas formas del relieve corresponden a un sistema estructural de fosas y pilares tectónicos paralelos, sin embargo existe poca información disponible del norte de México, pero esta es acorde con las características generales de la provincia tectónica de C y S de los E.U.A., por ejemplo: Además del parecido estructural y forma de las estructuras, se conoce la estimación de los espesores de la corteza, por datos sísmicos y gravimétricos que fueron consignados por Meyer y colaboradores

(1958), Fix (1975), Rivera y Ponce (1986), Urrutia y Molina (1992) y Campos y colaboradores (1992), que permiten asignar a la SMO, 37 km de espesor, a la SMOcc., 40 km y a la MC 32 km; así mismo se conoce que el espesor de la corteza en el norte de México es inferior a 45 km.

El gradiente geotérmico promedio para el norte de México es de 2.5 unidades de flujo térmico (Smith y Jones, 1979), por lo tanto más alto que el promedio terrestre. Se conoce por diversos estudios que la tasa de extensión en la zona comparada es muy variable, es del orden del 10 % en la SMOcc., y podría alcanzar el 100 % en el borde del Golfo de California donde las pendientes de las rocas volcánicas terciarias son frecuentemente superiores a 45°. Como en los E.U.A., en la zona mexicana comparada, existe volcanismo básico que está asociado a este episodio distensivo.

Estos datos anotados, se refieren y concuerdan con la teoría de la provincia tectónica de Cuencas y Sierras, la cual fue definida por Stewart (1978) como un sistema de Horsts y Grabens producidos por la fragmentación de una parte de corteza, la cual se encuentra encima de un extenso substrato plástico. Acorde con esta visión, la extensión del substrato provoca que la parte basal del fragmento de corteza sea estirada o (extendida) formándose partes alargadas y estrechas en zonas sistemáticamente espaciadas, las cuales en zonas se caen deslizamientos o desprendimientos en prismas complejos (Grabens) de la frágil corteza superior. Los grabens forman valles en la superficie y las otras áreas forman pilares (horsts) y/o pilares inclinados. Las estructuras de C y S consisten de sistemas de grabens y horsts, son comúnmente consideradas como consistentes de bloques ladeados, dentro de los cuales las partes superiores de un bloque individual forman una montaña y el deslizamiento hacia la parte baja forma el valle o graben.

Detalles de estudios recientes incluyendo trabajos de geofísica, sugieren que el modelo de horsts y grabens puede ser más aplicable en lo general para explicar estas estructuras. Muchos de los grabens tienen fallas en sus límites de ambos lados, esas fallas pueden estar expuestas en la superficie o pueden ser inferidas a partir de escarpes de estratos inclinados indicativos de fallas de fuerte gradiente.

En el CVSLP, el cual se encuentra en la MC, (Figura 6). existen movimientos posteriores al volcanismo riolítico del Oligoceno, que han dado lugar a levantamientos importantes, esto es demostrado por la serie de ignimbritas que cubren dicho volcanismo, con una inclinación de 10° a 15° hacia el NE. esta inclinación indica probablemente un levantamiento regional, posterior a las ignimbritas. Por lo que se considera que en el CVSLP existe una actividad tectónica reciente, ya que se han encontrado depósitos de gravas y arenas cuaternarias sin consolidar, erosionadas rápidamente y afectadas por pequeñas fallas normales, (Tristán-González et al., 1986.).

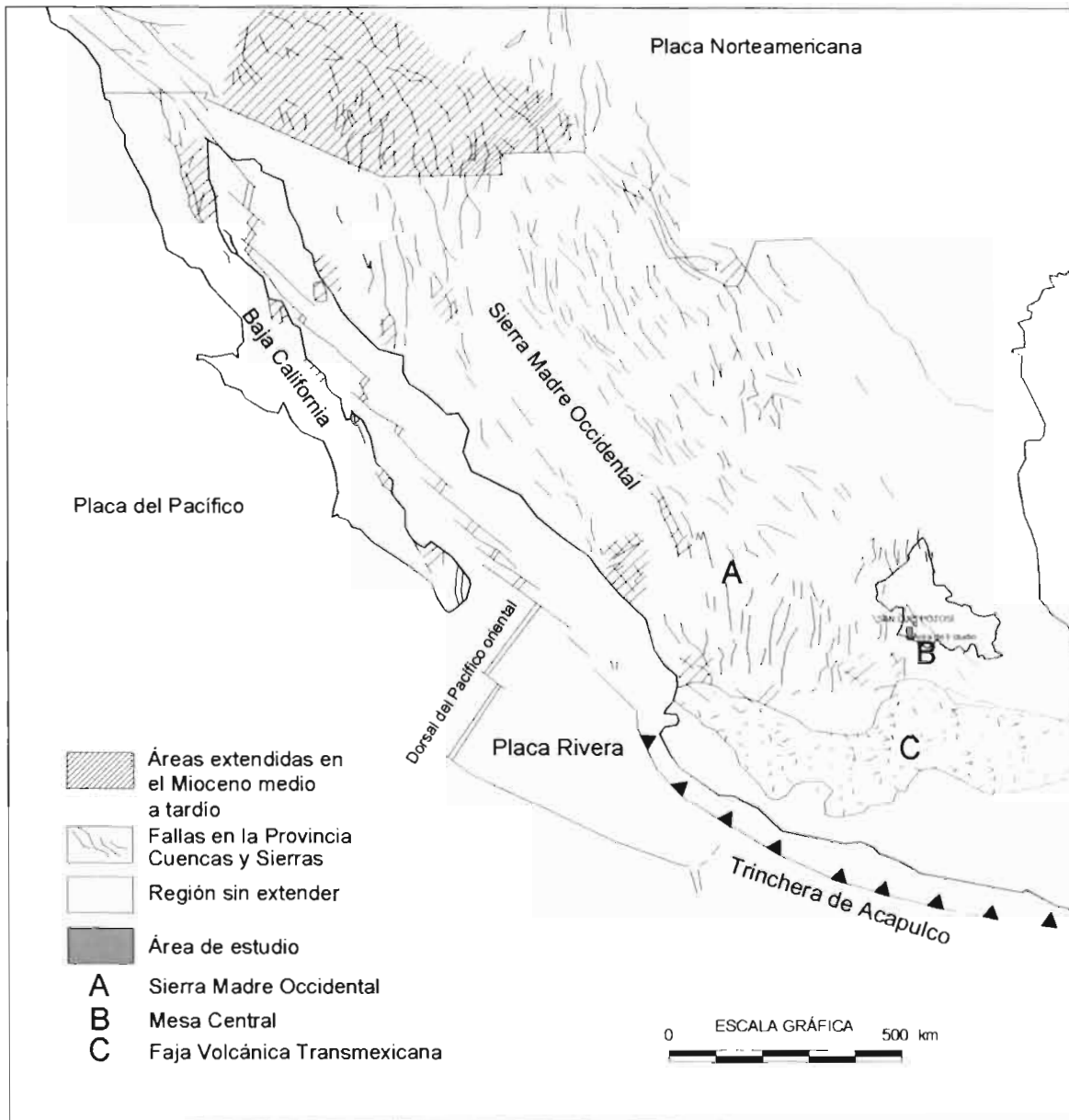


Figura 6. Ubicación del área de estudio en el extremo meridional de la provincia de cuencas y sierras, (Modificado de Stewart, 1978).

3.4.6. Geología Estructural

3.4.6.1. Características Estructurales del Campo Volcánico de San Luis Potosí

En la parte meridional de la MC se han reconocido cinco fases de deformación, dos antes de los 30 Ma, una más entre los 30 y 27 Ma, una en el Mioceno tardío (Pasquare et al., 1991) y la última en el Plioceno-Pleistoceno (Nieto-Samaniego et al., 1990; Nieto-Samaniego et al., 1999).

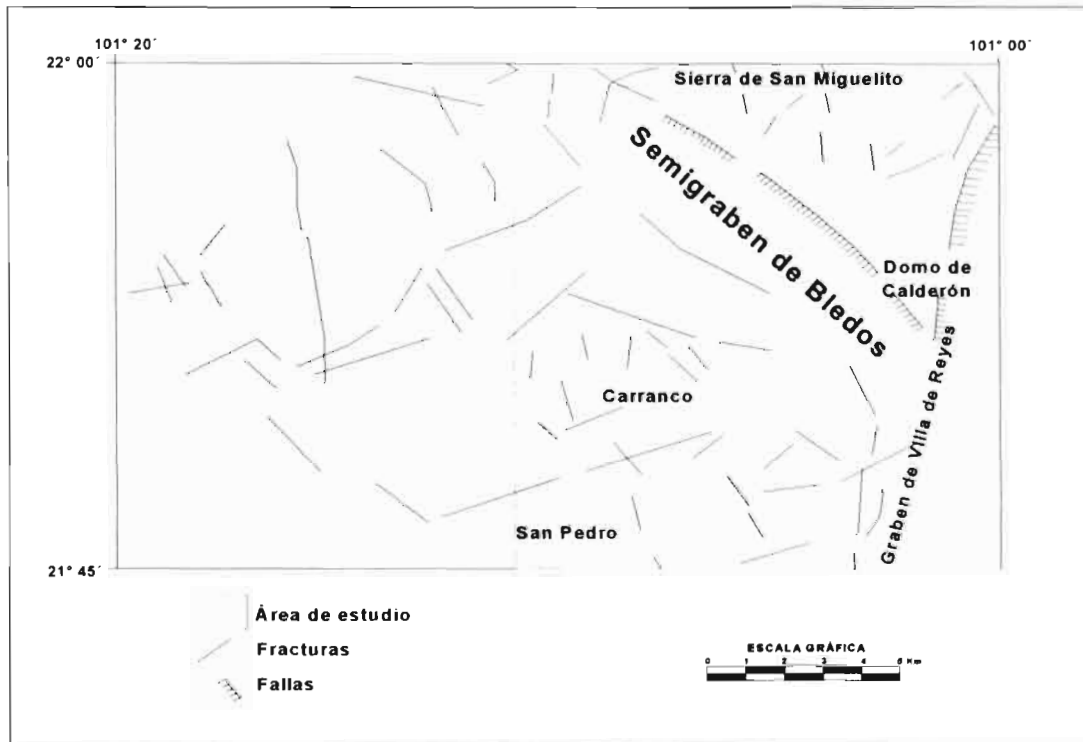


Figura 7. Principales estructuras del área de estudio.

En la Sierra de San Miguelito, se han reconocido dos fases de deformación, la primera, anterior al emplazamiento de la Riolita San Miguelito (~ 30 Ma) con dirección preferencial NE-SW y la segunda con un sistema de fallas NW-SE, la cual presentó dos fases, donde la primera corta los depósitos de la ignimbrita Cantera (29 Ma) y se asocia al emplazamiento de la Ignimbrita Panalillo (26.8 Ma).

Mientras que la segunda, fue posterior al emplazamiento de la Ignimbrita Panalillo, dado que ésta fue afectada por este sistema de fallas (Nieto-Samaniego et al., 1997).

En general, tanto la SMOcc., como la MC, presentan evidencias de haber sido afectadas al menos por dos fases de deformación, mismas que corresponden a las que se desarrollaron entre los 30 y 27 Ma y durante el Mioceno tardío (22-20 Ma).

El resultado del evento tectónico-magmático que se desarrolló durante el Oligoceno, dio origen al desarrollo de una serie de fosas tectónicas que sirven de conductos al material magmático que posteriormente daría origen al vulcanismo en el CVSLP.

En este contexto, sin duda es importante destacar el papel que ha jugado el Graben de Villa de Reyes (Figura 7) en la actividad volcánica de la región. dado que el sistema de fallas asociado a éste, ha sido determinante en el desarrollo de la actividad volcánica generada desde el Oligoceno hasta el Plioceno-Pleistoceno.

El Graben de Villa de Reyes está limitado al Sur por la falla regional denominada del Bajío (N 50° W), cuyo último movimiento se registró durante el Cuaternario (Aranda-Gómez, 1989). Paralelas a esta última, pero ya en el CVSLP, se localizan una serie de fallas normales que dan origen a las fosas tectónicas de Enramadas (N54° W), Bledos (N45° W) y Paso Blanco (N60° W). Este sistema de fallas con dirección NW, cortan al Graben de Villa de Reyes y le dan esa característica forma aserrada a sus bordes, lo que además, muestra tanto el origen tectónico de ambas estructuras, como la edad relativa entre ambos sistemas de fallas NW-SE y NE-SW (Nieto-Samaniego, 1997). Por su parte, Labarthe y colaboradores, (1982) coinciden en que los grabens se formaron durante el Oligoceno medio y posteriormente fueron cubiertos por los depósitos piroclásticos de la Ignimbrita Panalillo (K-Ar ~26.8 Ma), hacia el final de la fase magmática que dio origen al CVSLP.

Por lo anterior, se concluye que en la MC existen dos juegos conjugados de fallas normales, que dan origen a fosas o pilares con rumbos NE y NW. entre las cuales destacan los Grabens de Villa de Reyes (N 40 E), Aguascalientes (N 10°

E), Campuzano (N 80 E), Paso Blanco (~N 45° W), Enramadas (~N 45° W) y Bledos (~N 45° W), así como la depresión de Lagos de Moreno (Aranda-Gómez, 1989).

3.4.6.2. Principales estructuras a nivel regional

No obstante el número de unidades que conforman el área de estudio, estructuralmente solo se puede hablar de tres regiones, dada la distribución especial de los diferentes sistemas de fallas reconocidos. Por lo anterior, se proponen tres regiones estructuralmente distintas: a). Graben de Villa de Reyes, b). Sierra de San Miguelito y c). Semigraben de Bledos. (Figura 7).

a. Graben de Villa de Reyes

El graben de Villa de Reyes, tiene una longitud de 200 km y un ancho de al menos 15 km y está limitado por un sistema de fallas de dirección N 20° E. Este forma un extenso valle cubierto por depósitos de flujos piroclásticos, sedimentos lacustres y aluviales (Tristán-González, 1986).

La zona de estudio se encuentra en el límite de esta estructura en su porción SE, la cual está controlada estructuralmente por un fallamiento N 20° E, con una inclinación de 60° hacia al SE la cual pertenece al hombro SW del Graben de Villa de Reyes (Labarthe y Tristán, 1980).

b. Sierra de San Miguelito

Como ya se ha mencionado en apartados anteriores, la parte NE y E del área está cubierta por rocas que pertenecen al extremo sur de la Sierra de San Miguelito, la cual descansa discordantemente sobre los sedimentos marinos de edad Berriasiano-Valanginiense.

La Sierra de San Miguelito está formada por una serie de domos de composición riolítica que fueron afectados por un sistema de fallas conjugadas N 50° E y N 50° W, así como un juego de fallas Norte-Sur y N 75° E y por fallas marginales N 30° W, las cuales presentan cierta tendencia a moverse hacia el Norte y Noreste (Labarthe y Tristán, 1980 b).

c. "Semigraben de Bledos"

Esta estructura es la zona de estudio del presente trabajo, consiste de un valle hundido de 18 km de largo por 7.5 km de ancho, limitado al Noreste por una falla de orientación N 30° W y un echado de 60° y 70° al SW, la presencia de ésta falla se tomó como base para hacer la denominación de semigraben.

La edad del fallamiento que da origen al semigraben ha sido estimada en 29 Ma (Labarthe-Hernández y De la Huerta-Cobos, 1998). Las zonas de Bledos y Carranco-Cuchillas, han sido afectadas por un mismo sistema de fallas (N 30° W y N 20° W), el cual corresponde al sistema regional que delimita el "Semigraben de Bledos" hacia el Sureste (Labarthe y Tristán, 1980), con el Graben de Villa de Reyes.

Un elemento más que muestra que esta región fue afectada por este sistema de fallas lo representa el emplazamiento del Basalto Cabras, así como el Basalto La Placa a lo largo de un sistema de fallas N 40° W, en la porción Suroeste de la Fosa de Bledos.

Capítulo 4. Resultados de Petrografía y Geoquímica

4.1. Petrografía

4.1.1. Introducción

Para realizar el estudio petrográfico, primeramente se realizó un muestreo del CVSLP, principalmente de la zona de estudio, se colectaron 50 muestras en su mayoría representativas del volcanismo bimodal del "Semigraben de Bledos", S.L.P. (VBSGB), las cuales se señalan en el plano geológico y de muestreo (Anexo 1), se seleccionaron 23 de ellas para hacer el estudio petrográfico.

Para el estudio petrográfico se utilizó un microscopio petrográfico-minerográfico binocular, equipado con cámara fotográfica integrada, con la cual se tomaron las fotomicrografías que se incluyen en la parte de petrografía.

4.1.2. Petrografía de las rocas del volcanismo bimodal en el "Semigraben de Bledos", S.L.P. (Tabla 1, Anexo 2 y 3).

a. Riolita Panalillo:

De acuerdo con Heinrich, (1972) las riolitas son rocas extrusivas e hipoabisales, holocristalinas a hipocristalinas, con matriz afanítica. El feldespato alcalino supera en cantidad a la plagioclasa. Son conocidos dos tipos principales. riolitas potásicas, las más frecuentes, y riolitas sódicas. En ambos tipos está presente el cuarzo en fenocristales y en la matriz. La matriz de cuarzo puede ser de grano muy fino o entrecrecida. El feldespato alcalino suele ser sanidino. Los fenocristales de sanidino por lo general son transparentes, no maclados o maclados según la ley de Carlsbad. Si existe plagioclasa, suele encontrarse en forma de fenocristales, pero en la matriz es rara. Su composición es normalmente la de la oligoclasa, pero en los tipos sódicos aparece la albita y en ciertas rocas ha sido citada la andesina. La biotita es también normal en fenocristales, si bien en algunas variedades holocristalinas aparecen laminillas dispersas en la matriz. Los minerales accesorios son: magnetita, esfena, zircón, apatito, fayalita, granate, fluorita (en tipo holocristalino), grafito y leucita raros. Muchas riolitas son porfídicas y presentan una gran variedad de texturas en la matriz.

Los minerales que se presentan en fenocristales son el cuarzo, sanidino, rara vez plagioclasa sódica, biotita, anfíbol y piroxeno.

Las ignimbritas son las rocas producidas por los flujos piroclásticos. El término ignimbrita comprende a todas las rocas formadas por flujos piroclásticos, independiente del grado de soldamiento y, en consecuencia, de la temperatura.

Los flujos piroclásticos están compuestos por vitroclastos, cristaloclastos (que son los restos de los fenocristales), trozos de rocas (componentes líticos), pómez y gas. Los vitroclastos resultan de la fragmentación del magma. Representan las últimas porciones del magma. Los trozos de pómez están constituidos por vidrio, burbujas y cristales, representan pequeñas porciones de magma altamente vesiculado, pero que no alcanzaron a fragmentarse. Cuando están deformados y compactados se denominan "*fiammes*". Los cristales constituyen los fragmentos de los fenocristales que se formaron en la cámara magmática, con anterioridad a la erupción. En general se encuentran rotos o fracturados. Los trozos de rocas o piroclastos provienen de las paredes del lugar donde se produce la fragmentación, que por su carácter explosivo la rompen en pequeños fragmentos.

Labarthe et al., (1982) describieron a la Riolita Panalillo compuesta por dos miembros, el primero o miembro inferior como tobas depositadas por aire, (flujo de cenizas sin soldar), con contenidos de 5 al 10 % de fenocristales de cuarzo y sanidino en matriz arcillosa, con 3 al 5 % de líticos de rocas volcánicas y pómez sin colapsar en matriz de esquirlas de vidrio. El segundo o miembro superior lo describieron como un flujo piroclástico riolítico bien soldado con texturas microcristalinas, porfiríticas y eutaxíticas, con fenocristales de cuarzo y sanidino en el 10 %, presenta aisladamente cristales de fayalita (?) parcialmente alterada a óxidos de hierro y serpentina, con pómez bien colapsada y líticos aislados.

En el estudio petrográfico de estas rocas (Tabla 1, Anexo 2 y 3), se determinaron texturas vitreocristalinas, esferulíticas con desvitrificación y soldamiento (Fotomicrografías 1 y 2), con mineralogía normal de una roca félsica (cuarzo, feldespatos alcalinos, escasa plagioclasa y vidrio volcánico), que en cantidades varían de: cuarzo (10 al 30 %), feldespatos potásicos (10 al 25 %),

plagioclasa (1 al 6 %), minerales máficos (1 al 5 %) y fragmentos de roca (3 al 20 %).

Anómalamente contienen fragmentos de roca de composición intermedia a máfica, fragmentos de plagioclasa con probable composición de la labradorita y fragmentos de cristales de olivino y piroxenos alterados.

De las muestras representativas de la Riolita Panalillo, las rocas del miembro inferior no tienen características especiales del volcanismo bimodal, lo cual es comprensible, ya que su depositación es anterior al Basalto La Placa y por lo cual petrográficamente no se observan las características que presenta el miembro superior y del cual se describen algunas características.

Las riolitas y tobas del miembro superior de la Riolita Panalillo, tienen texturas normalmente vítreocristalinas hipocristalinas desvitrificadas, esferulíticas, amigdaloides, eutaxíticas, fragmentadas y con estructuras de soldamiento y desvitrificación. (Fotomicrografías 1 y 2). Su mineralogía principal, es de cuarzo y feldespato alcalino en mayor cantidad que la plagioclasa como minerales esenciales, así como vidrio volcánico.

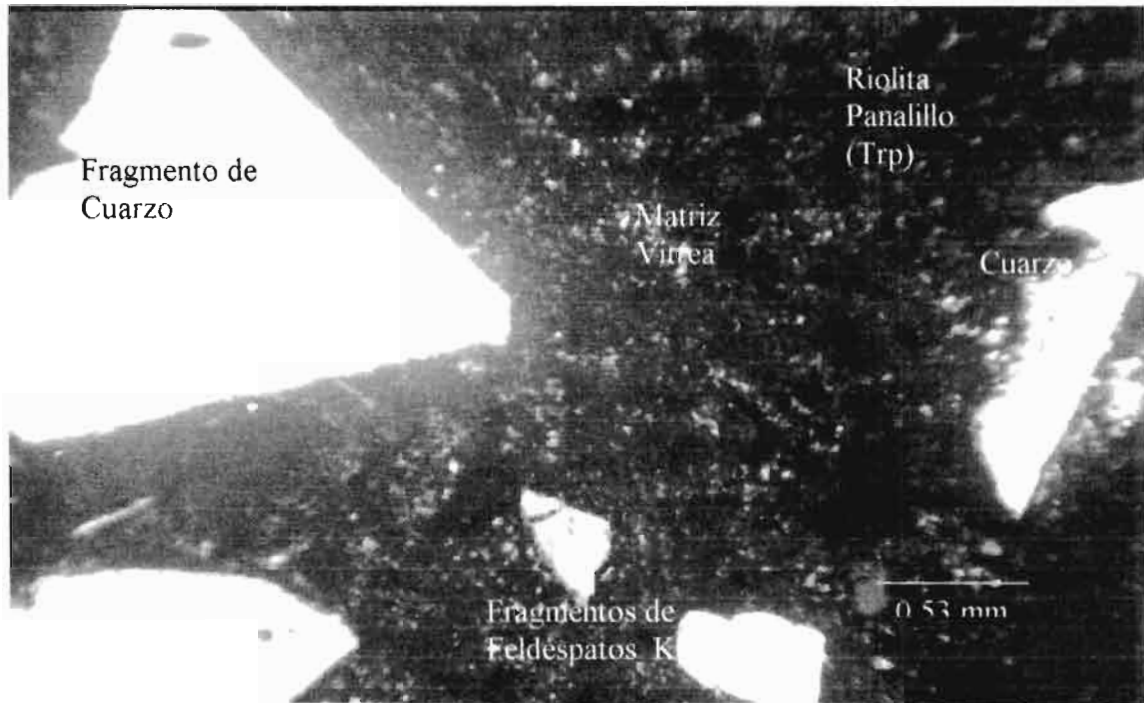
Las muestras VB 27, 30 y 49 (Fotomicrografías 3 y 4), contienen fragmentos de roca de composición intermedia a máfica (basáltica), muy probablemente arrastrados del Basalto La Placa, al extrusionarse la Riolita Panalillo.

Contiene algunos fragmentos de cristales de labradorita, con ángulos de extinción de 32° hasta 38° medidos en la línea de alta temperatura (VB 28 y 49; Fotomicrografías 5 y 6).

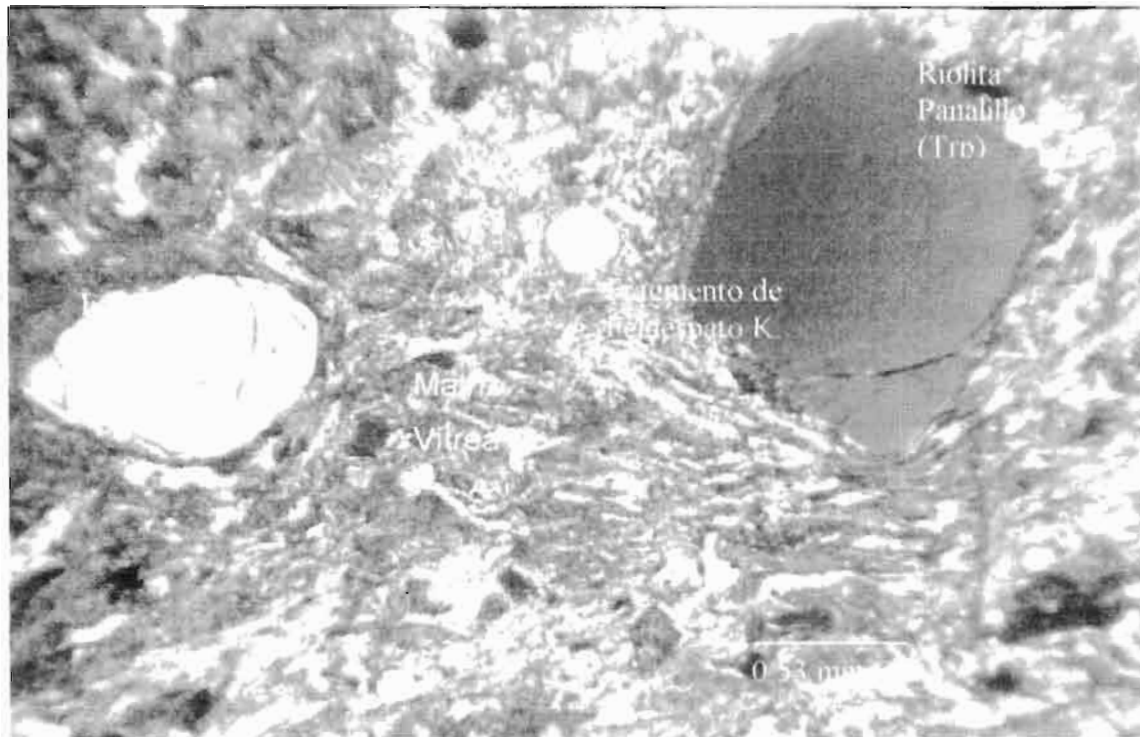
Las muestras (VB 36, 38, 41 y 49), contienen fragmentos de cristales de olivino y piroxenos, los cuales normalmente están alterados por oxidación, sin embargo en la muestra VB 49 se observó olivino primeramente alterado a iddingsita y posteriormente con desarrollo de una aureola de reacción, rodeado de muy probablemente piroxenos (estructura en corona).

Estos fragmentos de olivino y piroxeno encontrados, pudieran indicarnos que quizá estuvo en proceso la diferenciación magmática y que las texturas (en

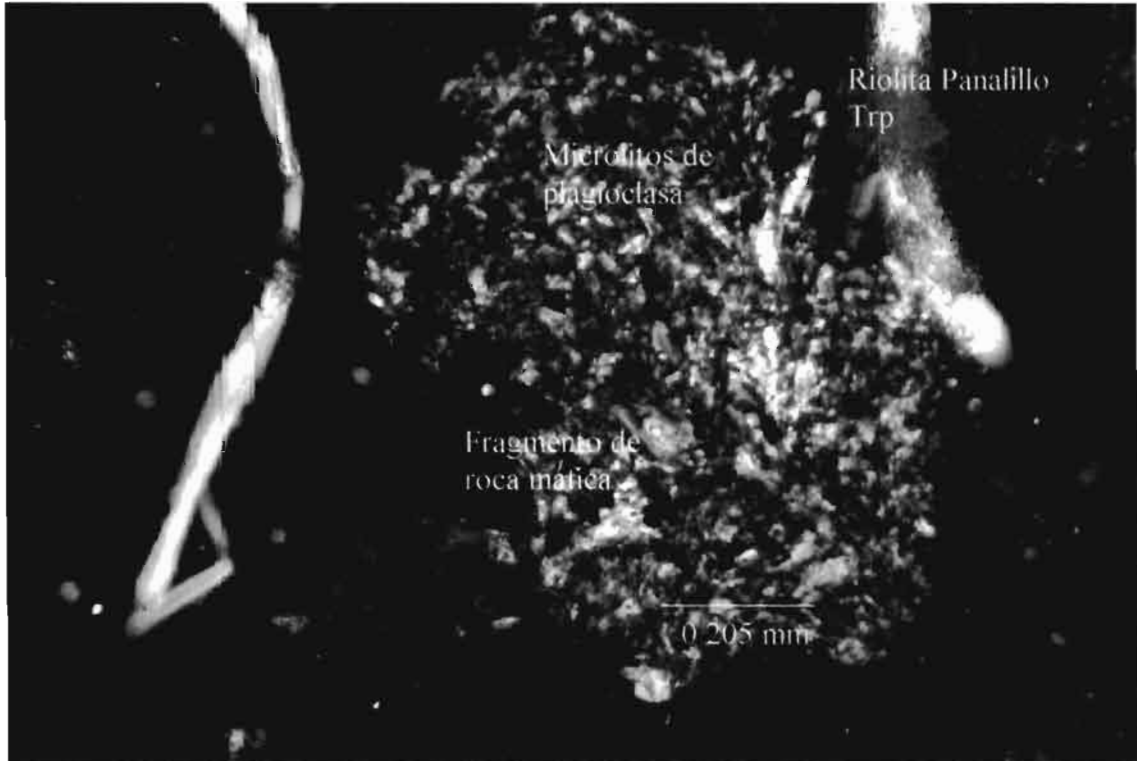
corona) que nos muestran algunos fenocristales de olivino, son de reacciones incompletas y que se pudiera tratar de un solo tipo de magma diferenciado.



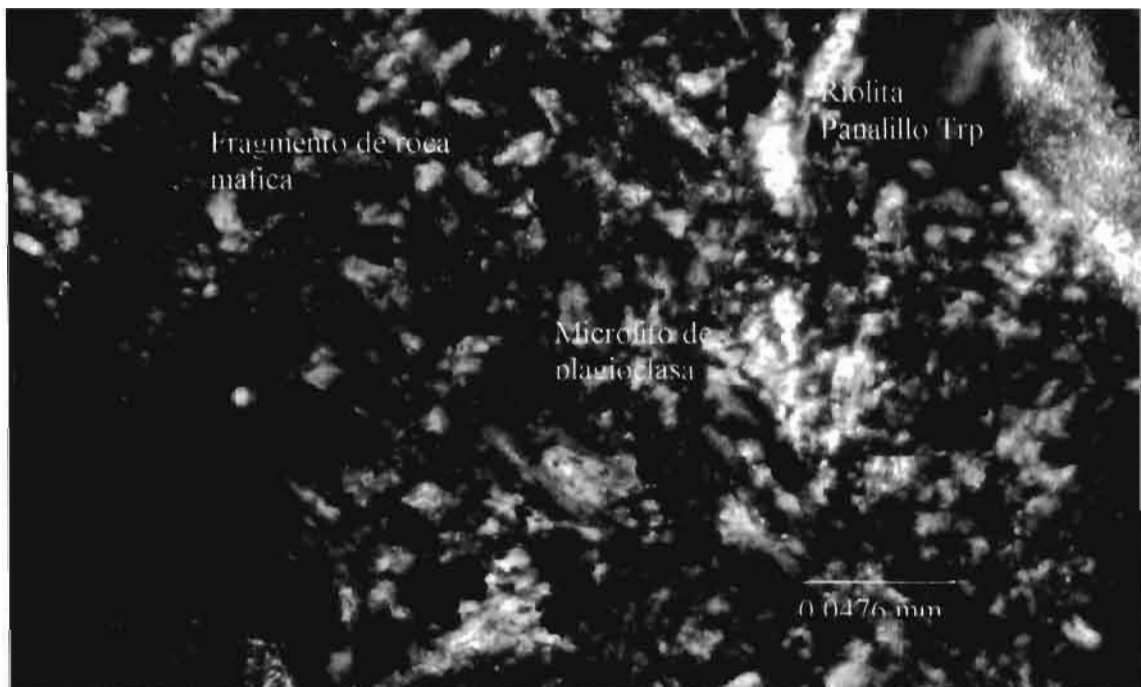
Fotomicrografía 1. M-VB-38. Riolita Panalillo (Trp). Vista general, en donde se observan fragmentos de cuarzo y feldespato alcalino, en matriz vítrea desvitrificada hacia principalmente minerales silíceos. 40 X, L. P.



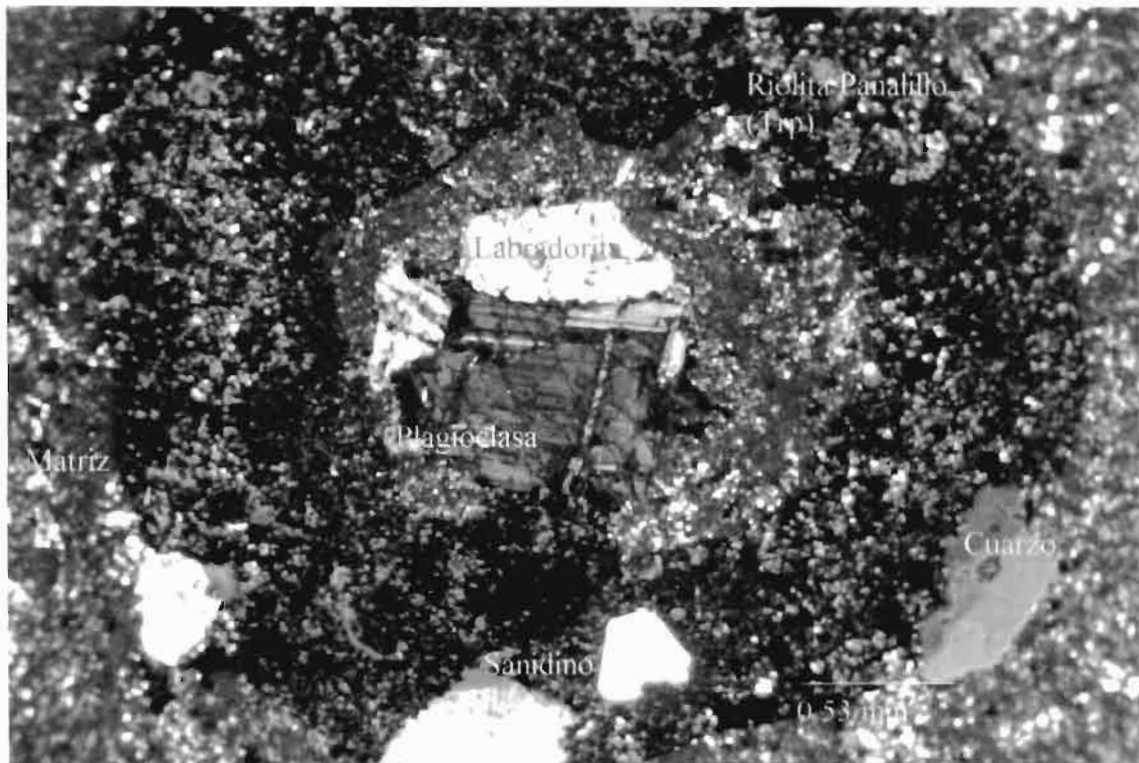
Fotomicrografía 2. M-VB-38. Riolita Panalillo (Trp) Se observa cuarzo y feldespato en matriz vítrea fluidal (eutaxítica). 40 X. L. N.



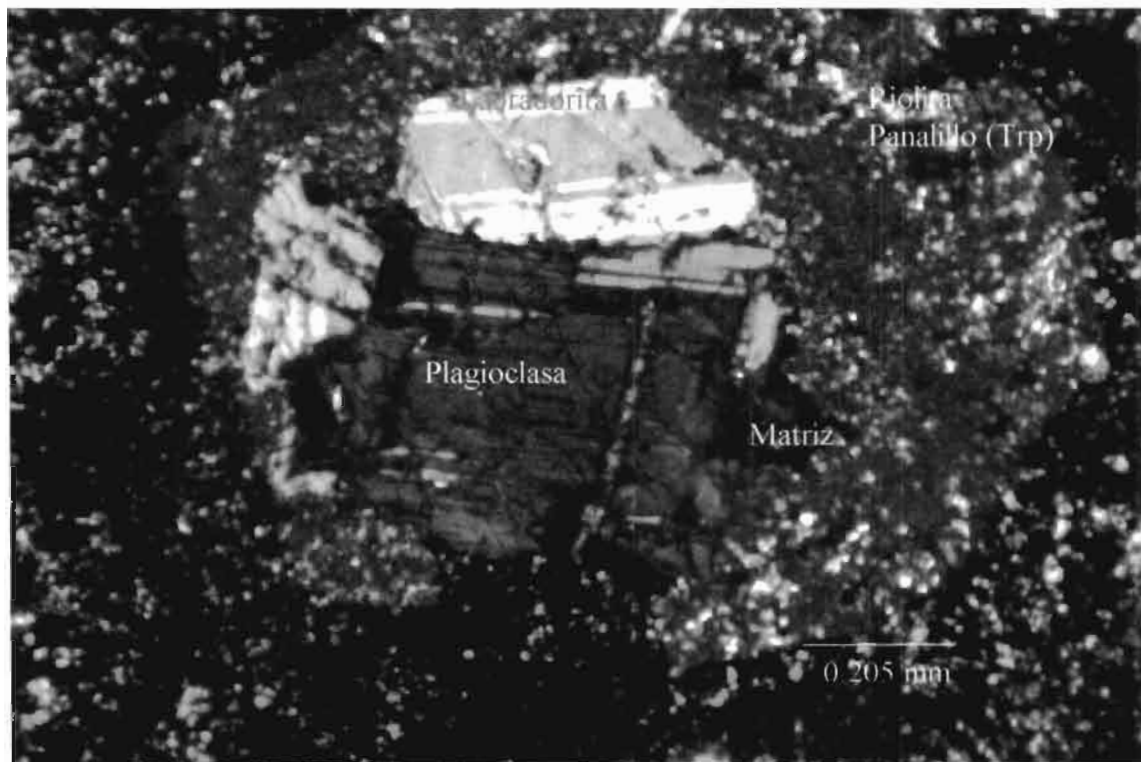
Fotomicrografía 3. M-VB-27. Fragmento de roca máfica en la Riolita Panalillo. 100 X. L. P.



Fotomicrografía 4. M-VB-27. Fragmento de roca máfica en la Riolita Panalillo. 400 X. L.P.



Fotomicrografía 5. M-VB-28. Riolita Panalillo. Se observan fenocristales (xenolitos) de plagioclasa (probable labradorita), rodeada de sílice microcristalina y fragmentos de cuarzo y feldespato alcalino. 40 X. L. P.



Fotomicrografía 6. VB-28. Riolita Panalillo. Igual a la anterior. 100 X. L. P.

b. Basalto La Placa

Tristán y Labarthe, (1979) lo describieron como una roca de color negro, en ocasiones vesicular, afanítica, de textura holocristalina con microfenocristales de andesina y olivino alterado a bowlingita, en matriz de microlitos de plagioclasa, magnetita oxidada y posible piroxeno intersticial.

Labarthe et al., (1998) lo describen como una roca frecuentemente vesicular, afanítica, de textura holocristalina, inequigranular, porfirítica y pilotáxica. con microfenocristales de andesina y olivino alterado a bowlingita, en matriz de microlitos de plagioclasa, magnetita oxidada y posible piroxeno intersticial.

En el estudio petrográfico de las rocas del Basalto La Placa, se clasificaron como: Andesitas Basálticas (VB- 4, 6, 43, 46, 47 y 48), Basalto Andesítico (VB-42), Basaltos (VB-39 y 45) y como vitrófido (VB-23), de acuerdo con la clasificación de Johannsen, (1939), (tabla 1, Anexo 2 y 3; Fotos 7 y 8), con contenidos mineralógicos de plagioclasas, minerales máficos, óxidos de fierro, minerales metálicos, así como fenocristales de cuarzo y feldespato alcalino como xenocristales atrapados en la salida del magma basáltico y probables feldespatoides (nefelina), en proporciones de: plagioclasas en fenocristales y microfenocristales (andesina y labradorita) variando desde el 2 al 65 % y microlitos de plagioclasa en la matriz variando entre el 45 al 65 %. En los fenocristales se llegan a observar microestructuras en corona, de reacciones incompletas

Minerales máficos en fenocristales, identificados como principalmente piroxenos (diópsido, augita, egirina e hiperstena) y, olivino alterado a iddingsita y bowlingita (?). En cantidades los minerales máficos en fenocristales y microfenocristales varían entre el 5 al 30 % y como microlitos en la matriz están entre el 10 al 15 %, predominando los piroxenos sobre el olivino y al igual que en las plagioclasas, estos tienen microestructuras en corona.

Los minerales metálicos y óxidos de fierro varían en cantidad entre el 5 hasta el 20 %, están principalmente en la matriz.

Las muestras del Basalto La Placa (Tbp), son representativas del volcanismo bimodal, presentan características petrográficas especiales como:

Contenidos de feldespatoides; se encontraron en las muestras VB 46 y 48. La presencia de estos feldespatoides (nefelina), nos está refiriendo hacia rocas alcalinas, se observan rellenas algunas vesículas y amígdalas, por lo que se podría inferir que son minerales que se depositaron en una etapa tardía y quizá de forma neumatolítica.

Son rocas que tienen en los fenocristales microestructuras de anillos (estructuras en corona), las cuales representan reacciones incompletas tanto en los xenolitos de cuarzo y feldespato alcalino, como en los fenocristales de plagioclasas y minerales máficos (Fotomicrografías 9, 10 y 11).

Tienen contenidos de cristales de cuarzo como se observaron en las muestras VB 39, 46, 48, estos cristales quizá provienen del magma riolítico que dio origen a la riolita Panalillo, (Fotomicrografías 12, 13, 16 y 17).

Contienen fenocristales de feldespato alcalino como los encontrados en las muestras VB 6 y 42, los cuales muy probablemente son también xenolitos atrapados por el magma basáltico al igual que los cristales de cuarzo. (Fotomicrografías 14, 15 y 18).

Los fenocristales de cuarzo que se observan se consideran xenolitos atrapados en la salida del magma basáltico, y provienen quizá del magma riolítico que dio origen a la Riolita Panalillo, o tal vez provienen de contaminación de materiales de la corteza, ya que un xenocristal de cuarzo incorporado dentro de un magma basáltico reacciona con el fundido no saturado en sílice, formándose un anillo de reacción; las formas de hábito en aguja en estas reacciones reflejan una rápida cristalización y de cómo el fundido caliente puede extinguirse alrededor del xenolito frío.

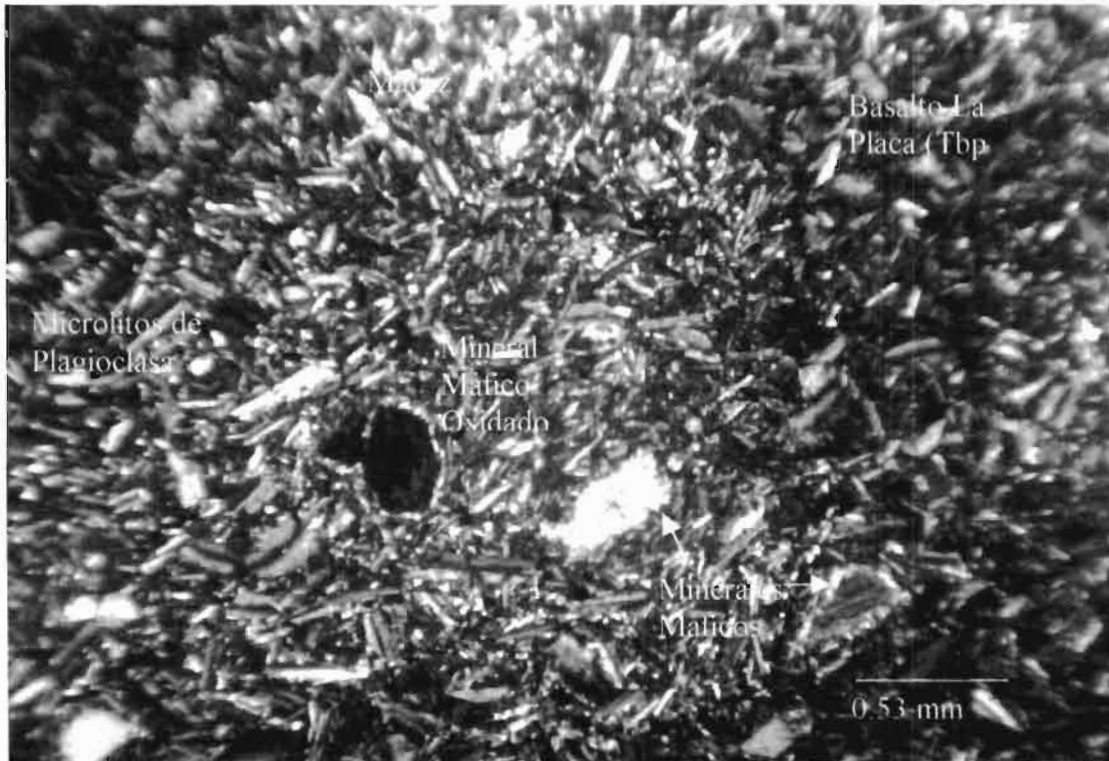
Estos fenocristales de cuarzo (xenolitos atrapados), están rotos y con fractura concoidea, tienen la característica especial de que llegan a estar rodeados por clinopiroxenos, con reacciones incompletas y fuera de equilibrio, como si los piroxenos trataran de asimilar al cuarzo (microestructura en corona), por lo que se interpreta que el cuarzo ya venía en la lava máfica y quedó completamente fuera de equilibrio y posteriormente creció el piroxeno. Por lo tanto, estos xenolitos

(cuarzo-feldespatos), que se encuentran en esta unidad y que se observan en desequilibrio podrían estar señalando una mezcla de magmas (mixing)

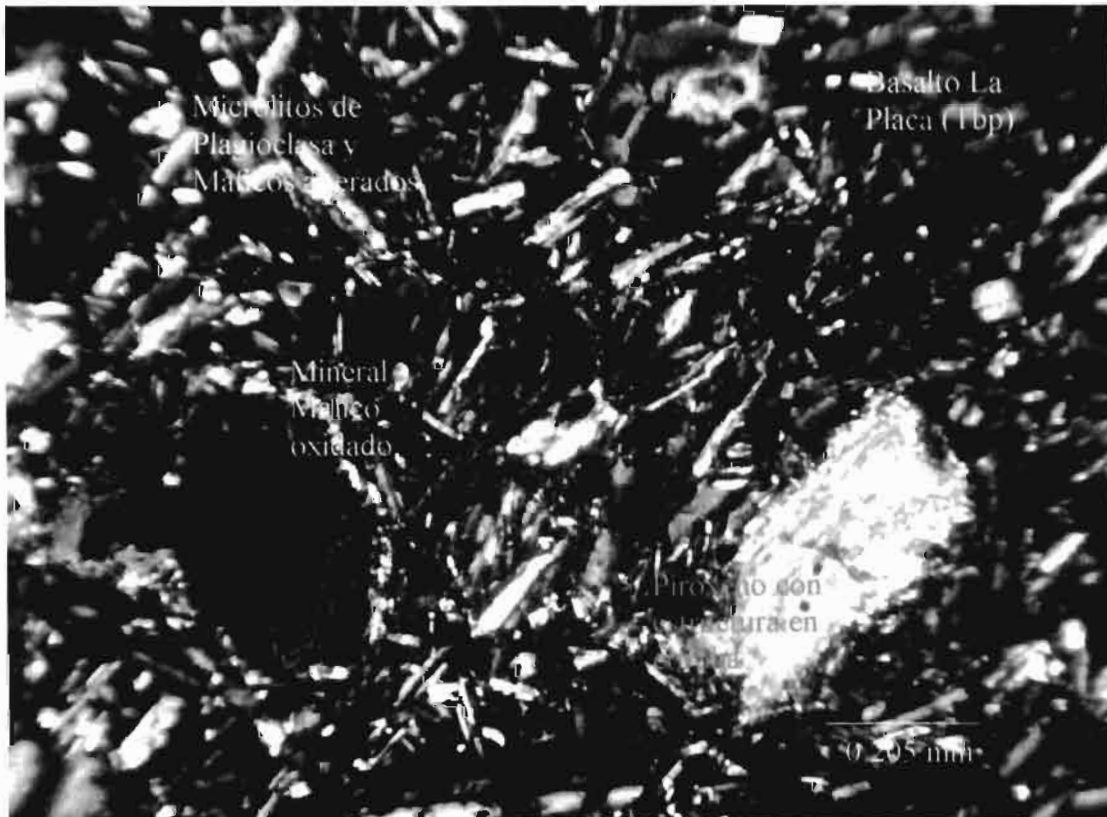
Las rocas marcadas como VB 39, 46 y 48, tienen microestructuras de reacciones incompletas de asimilación en los fenocristales de plagioclasas. Los fenocristales de plagioclasa primeramente tienen una corona de vidrio volcánico y posterior a esta se ve el crecimiento de una corona de probables piroxenos, señalando igualmente reacciones incompletas de asimilación de cristales fuera de equilibrio en el contexto general del magma. Las relaciones de la reacción discontinua incompleta en el fraccionamiento del magma, son registradas en un anillo de reacción, rodeando un cristal anhedral reabsorbido parcialmente por el magma.

Los minerales máficos están representados generalmente por piroxenos (diópsido y augita), así como egirina (VB-43), hiperstena (VB-47) y olivino normalmente alterado a iddingsita. En su mayoría los cristales de olivino alterado tienen aureolas de reacción o crecimiento en su periferia, al parecer piroxeno microgranular, muy probablemente diópsido. Se interpreta que los fenocristales de olivino ya venían formados en la lava y que posteriormente cristalizó el piroxeno, generando reacciones incompletas en las periferias, sin llegar a reemplazar o asimilar a los cristales de olivino.

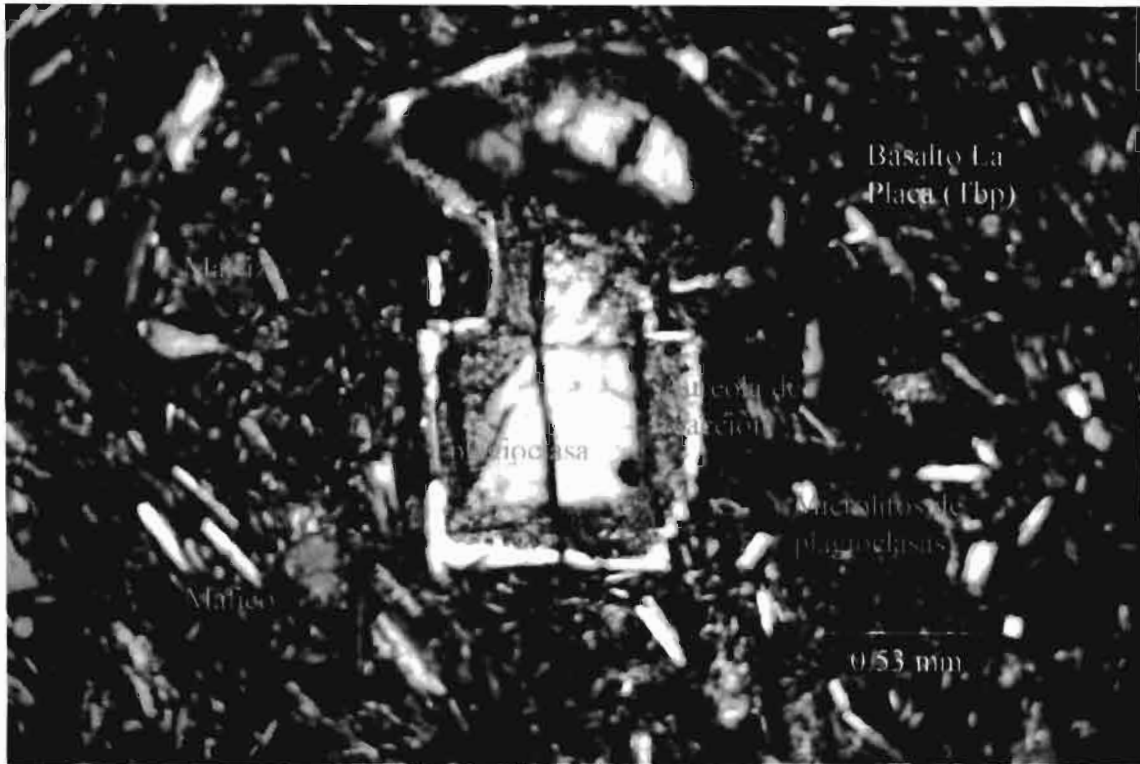
En comparación, las rocas del Basalto La Placa (Tbp) vs. las muestras del Basalto Cabras (Tbc), las cuales raramente contienen microestructuras de reacción y en las cuales nunca se observaron ni xenolitos de cuarzo ni de feldespatos alcalinos, ya que éste basalto es en edad muy posterior al Basalto La Placa y ahora sabemos que no forma parte del volcanismo bimodal en estudio.



Fotomicrografía 7. VB-43. Vista general del Basalto La Placa, se observan minerales máficos y microlitos de plagioclasas. 40 X, L. P.



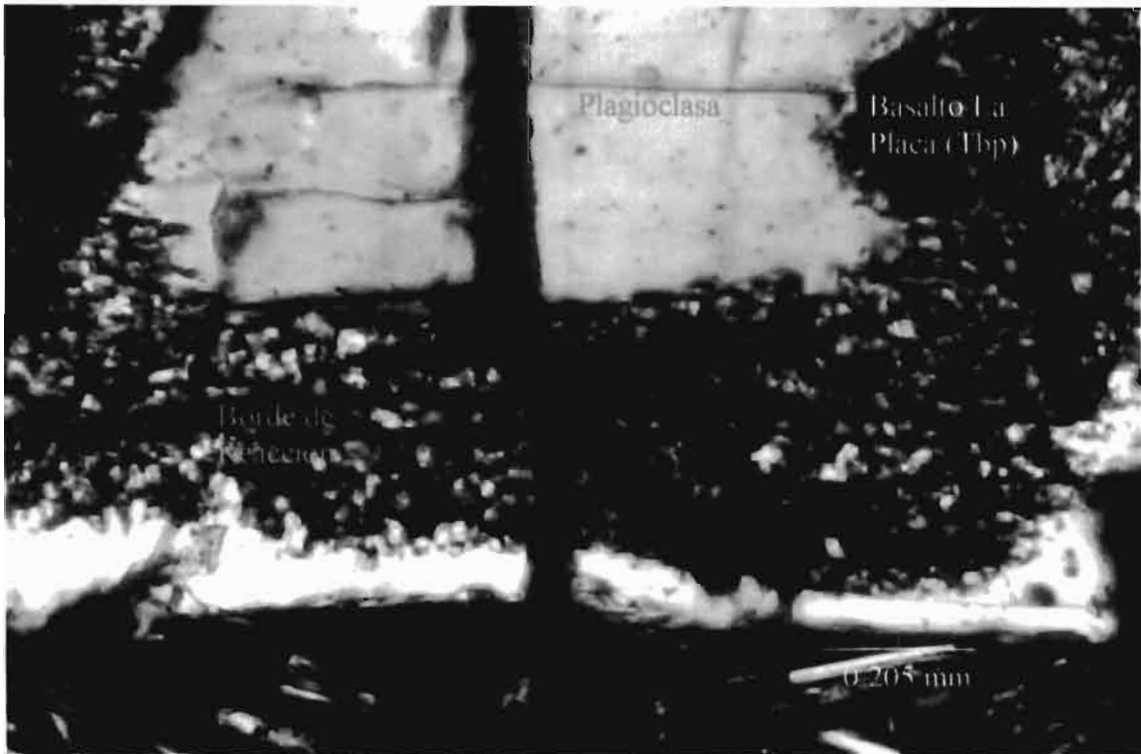
Fotomicrografía 8. M-VB-43. Basalto La Placa. Se observan los minerales máficos y microlitos de plagioclasa. 100 X, L.P.



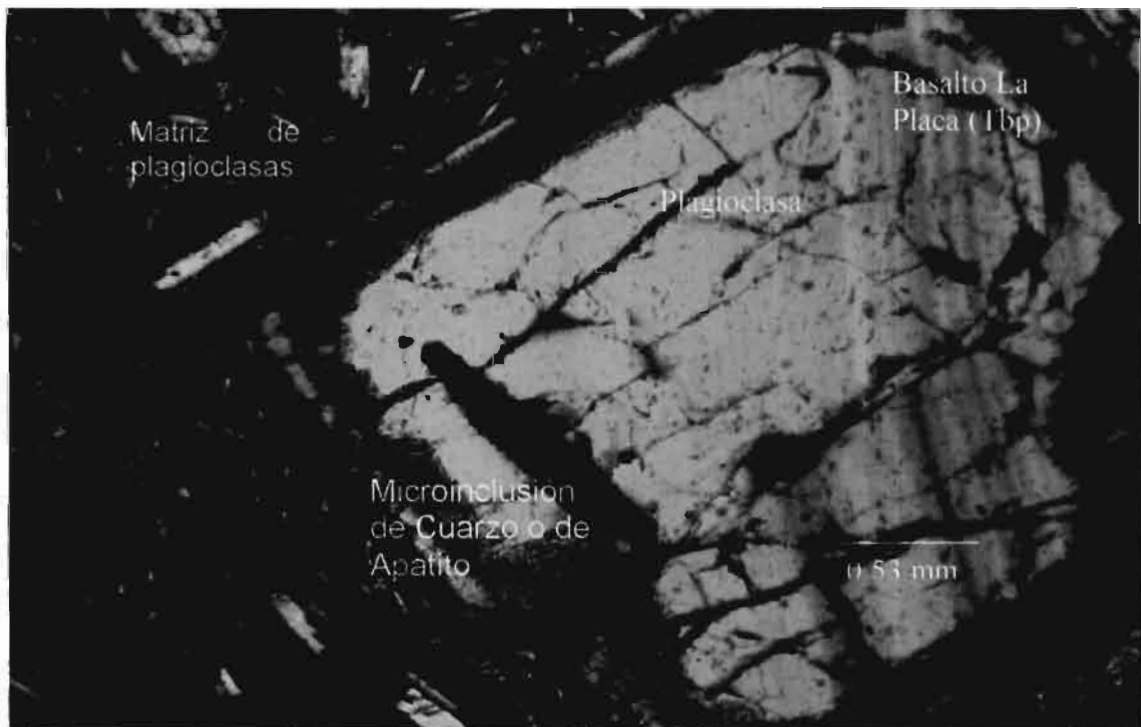
Fotomicrografía 9.- Muestra VB- 4- Plagioclasa con aureola de reacción.40X, L. P.



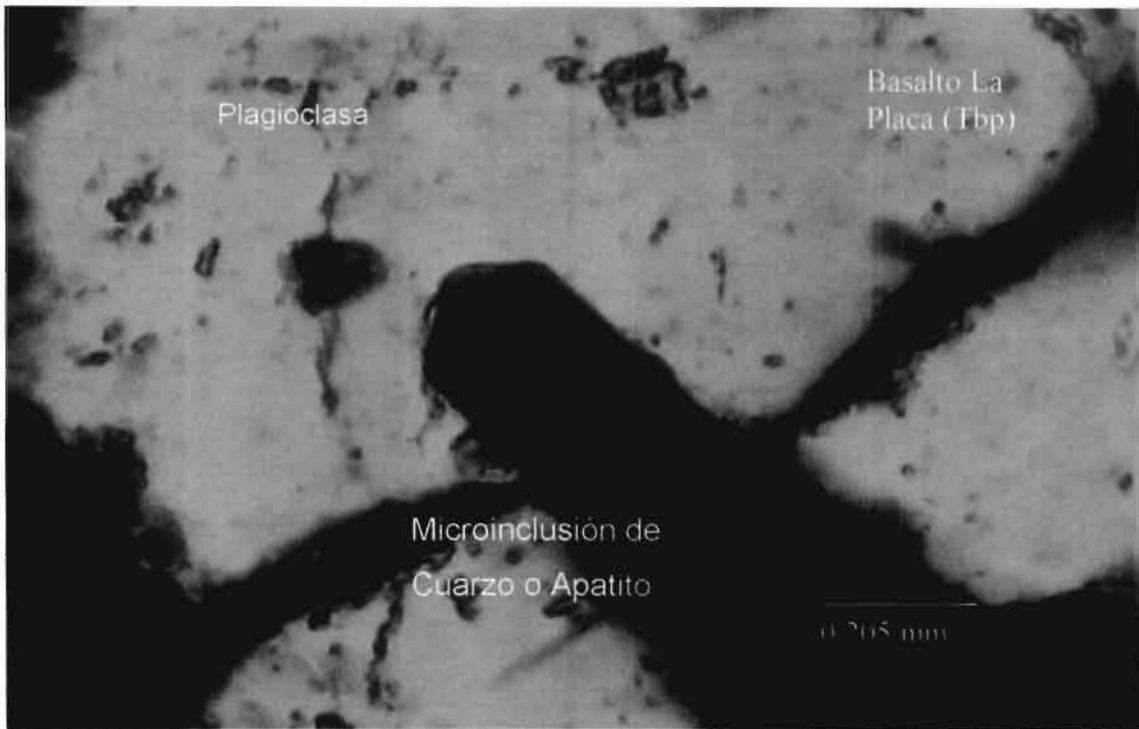
Fotomicrografía 10. M-VB-4. Acercamiento. Plagioclasa con aureola de reacción. 100 X, L. P.



Fotomicrografía 11. M-VB-4. Acercamiento con gran aumento a la plagioclasa con aureola de reacción. 100 X, L. P.



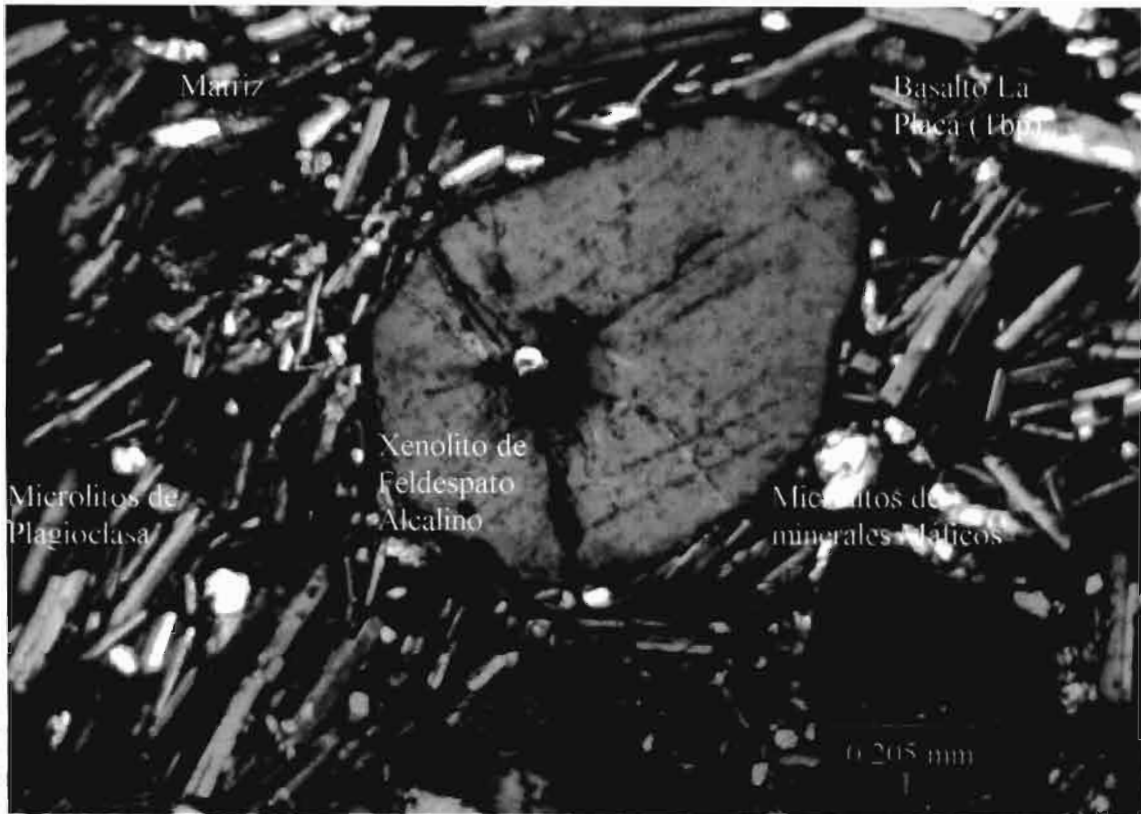
Fotomicrografía 12.M-VB-4. Microinclusión de czo. o apatito en plagioclasa. (Tbp)40 X, L. P.



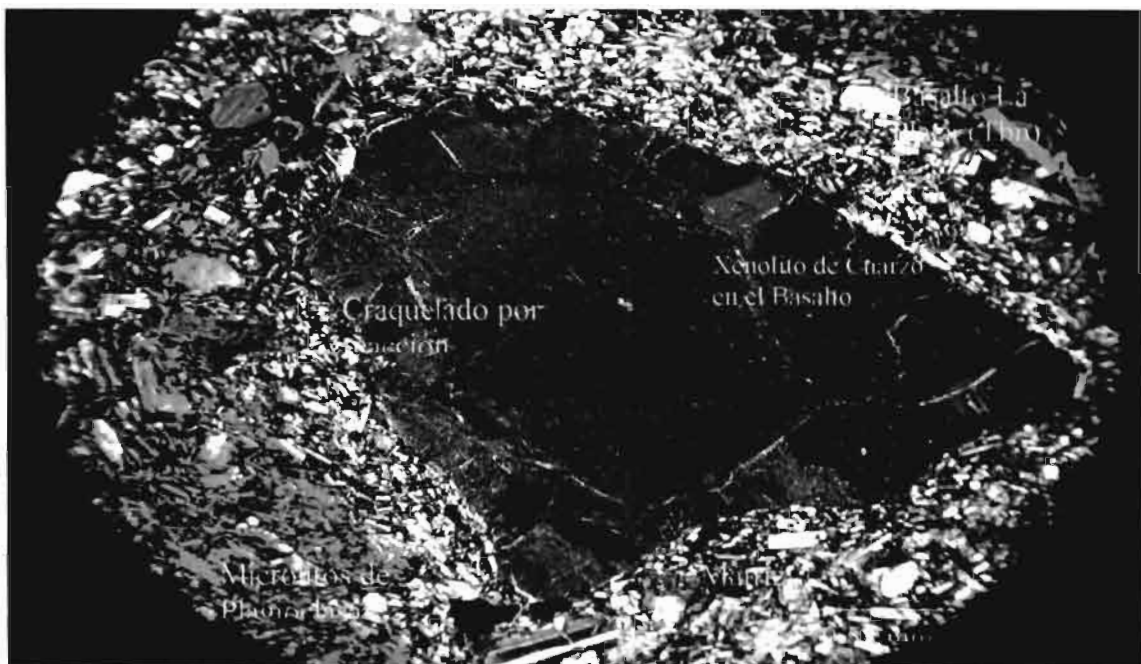
Fotomicrografía 13. M-VB-4. Igual a la anterior, con mayor aumento. 100 X, L. P.



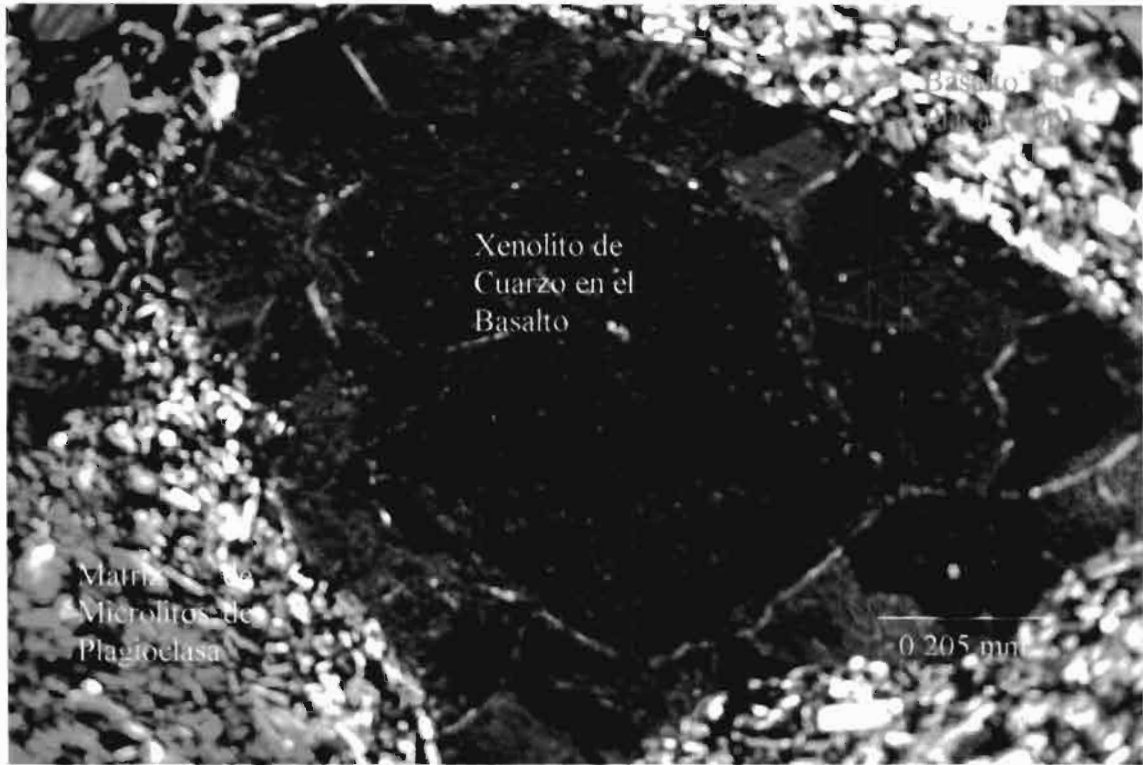
Fotomicrografía 14. M-VB-42. Xenolito de sanidino en el Basalto La Placa. 40 X, L. P.



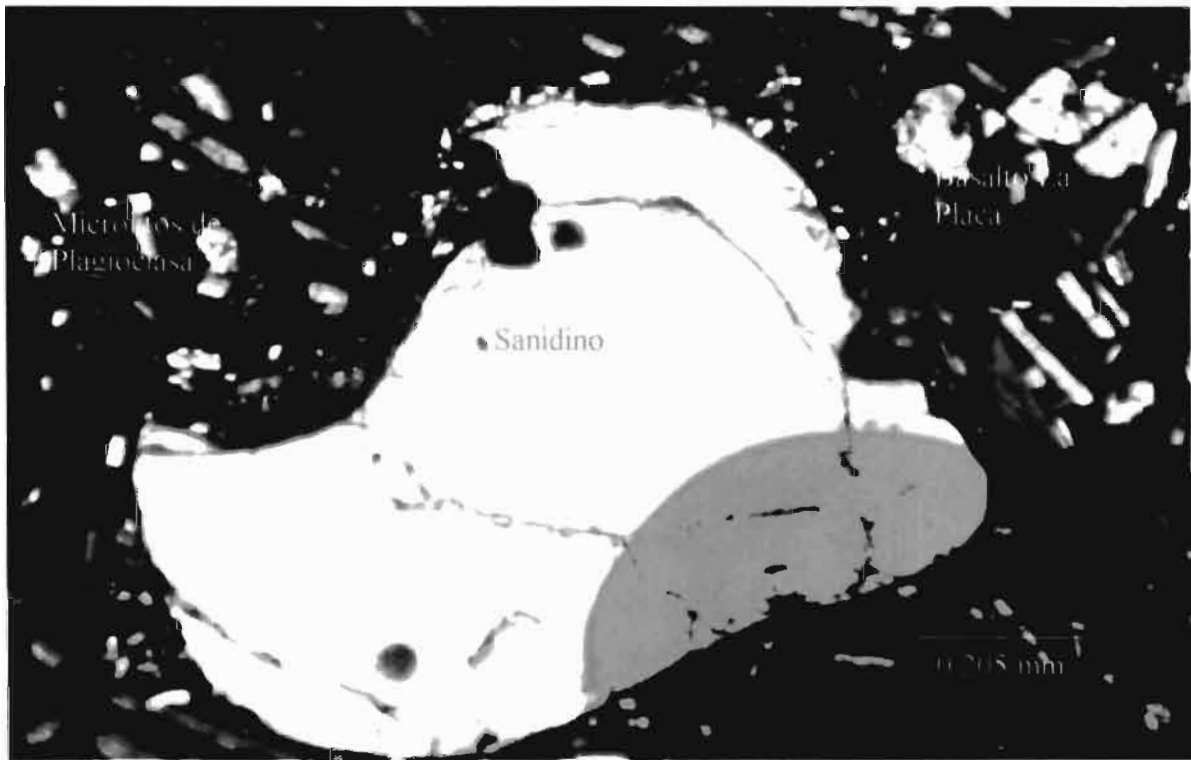
Fotomicrografía 15. M-VB-42. Xenolito de sanidino en el Basalto La Placa. 100 X, L. P.



Fotomicrografía 16. M-VB-39. Xenolito de cuarzo en el Basalto La Placa. 40 X, L. P.



Fotomicrografía 17. M-VB-39. Xenolito de cuarzo en el Basalto La Placa. 100 X, L. P.



Fotomicrografía 18. M-VB-42. Xenolito de sanidino microincluido en el Basalto. 100 X, L. P.

c. Basalto Cabras

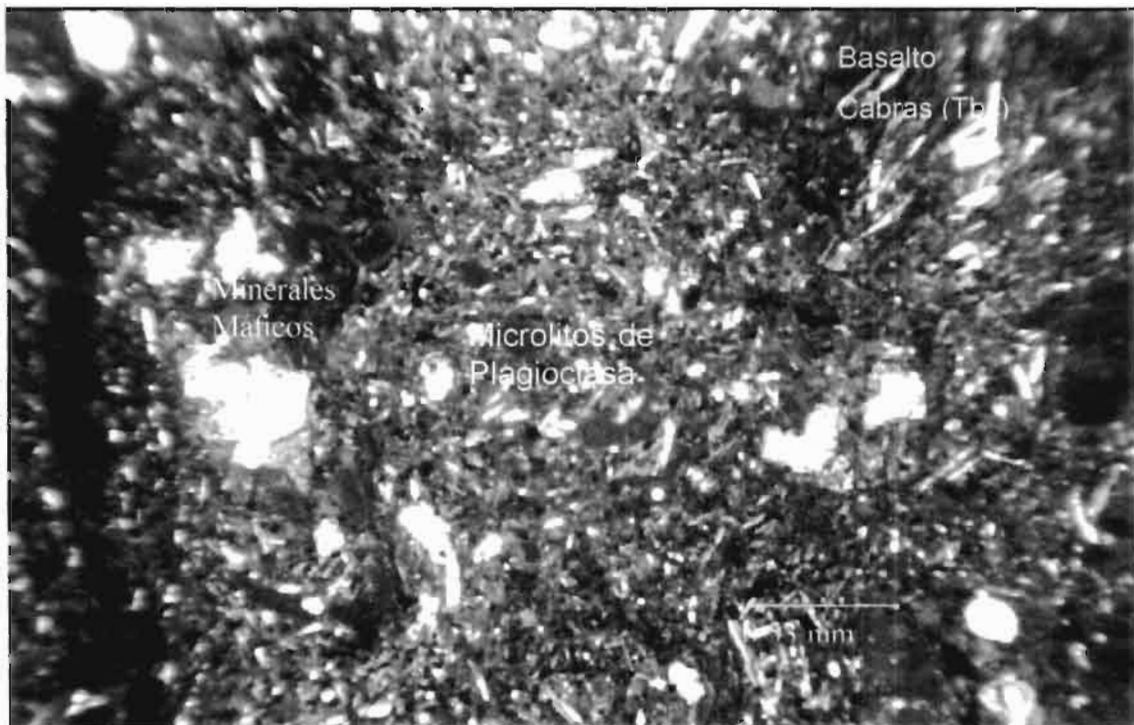
Originalmente fue descrito por Labarthe y Tristán, (1980) en la cartografía geológica de la Hoja San Francisco, S.L.P , y fue propuesto formalmente como formación por Labarthe et al., (1982). Lo describen como una roca basáltica de color negro, de textura holocristalina, microporfírica y pilotáxica. Con fenocristales de andesina y olivino alterado a bowlingita, en matriz de microlitos de plagioclasa, magnetita oxidada y piroxeno intersticial y con estructura vesicular hacia su cima.

Petrográficamente en el presente trabajo, se determinaron 3 muestras, de las cuales las VB 22 y 35, se determinaron como Andesitas Basálticas y la muestra VB 26, se determinó como Basalto, (Anexo 1 y Tabla 1).

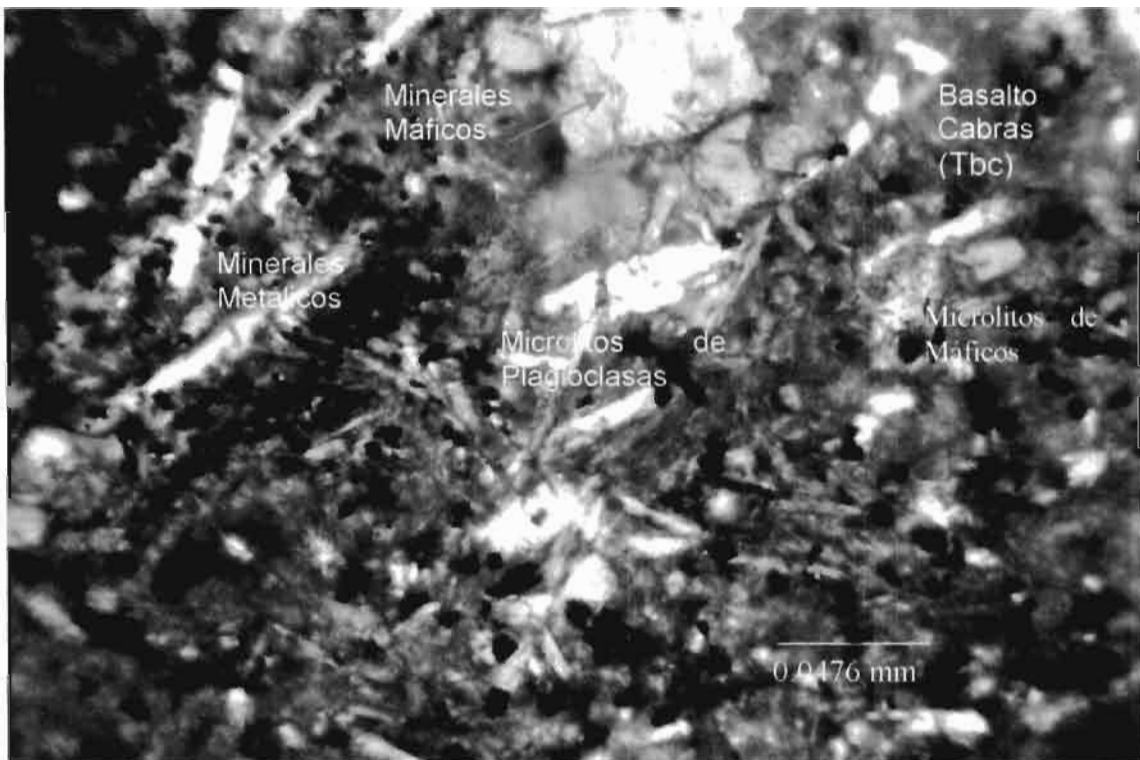
Las texturas que presentan estas rocas son holocristalinas, hipocristalinas, hialopiliticas, porfíricas, glomeroporfíricas, subofíticas, traquíticas, pilotáxicas, afieltradas intersticiales, vesiculares y otras.

Mineralógicamente contienen: plagioclasas, las cuales están como fenocristales (6 al 20 %) y como microlitos en la matriz (30 al 45 %); minerales máficos en fenocristales (15 al 30 %) y como microlitos en la matriz (\pm 10 %); minerales metálicos (5 al 10 %), principalmente en la matriz; minerales de alteración (óxidos de hierro, minerales de la arcilla (8 al 10 %); (Tabla 1, Anexo 1)

Los minerales máficos, son generalmente egirina y augita, aunque escasamente también se encontró diópsido en la matriz. Generalmente estas rocas contienen mayor cantidad de olivino que las rocas del Basalto La Placa (Tbp), pero normalmente este mineral se encuentra fuertemente alterado hacia iddingsita y bowlingita, (Fotomicrografías 19 y 20).



Fotomicrografía 19. M-VB-35. Basalto Cabras. Vista general en donde se observan minerales máficos, microlitos de plagioclasa y algo de óxidos de hierro. 40 X, L. P.



Fotomicrografía 20. M-VB-35. Muestra del Basalto Cabras (Tbc). Se observan minerales máficos, microlitos de plagioclasa y máficos intersticiales, así como algunos metálicos. 400 X. L. P.

4.2. Geoquímica

4.2.1. Introducción

Los resultados tanto de elementos mayores, traza, tierras raras y fechamientos, se anexan en las Tablas 2, 3, 4 y 5. (Anexo 4 y 5).

Los análisis químicos a las muestras de la zona de estudio fueron de diez elementos mayores, catorce elementos traza y catorce elementos de tierras raras.

Se analizaron 6 rocas de la Riolita panalillo (Trp) (VB 5, 20, 24, 36, 38, y 40). Del Basalto La Placa (Tbp) se analizaron 8 muestras (VB – 4, 6, 13, 39, 42, 43, 45, y 47) y del Basalto Cabras se analizaron 4 muestras, (VB – 21, 23, 31 y 35).

4.2.2. Clasificación y caracterización geoquímica de las rocas del volcanismo bimodal del Semigraben de Bledos.

Ya con los resultados de los análisis, se procedió a trabajarlos para obtener los diferentes diagramas de variación (caracterización) geoquímica de las rocas, así como de evolución de los magmas y medio ambiente tectónico de las mismas.

Para los diagramas obtenidos de acuerdo a los elementos mayores, se trabajó primeramente con el programa SINCLAS (Verma et al., 2002), el cual nos proporciona los valores ajustados a base anhidra, los valores de fierro ajustados y además proporciona la norma, el número de Mg y otros datos como se muestra en la Tabla 3 del Anexo 5. De los resultados obtenidos del programa SINCLAS, sobresale la norma y el número de magnesio Mg#.

La Norma (CIPW)

Las conclusiones obtenidas del cálculo de la norma CIPW, (Cross et al., 1903) para las rocas del volcanismo bimodal del Semigraben de Bledos son:

Riolita Panalillo

Las muestras analizadas de la Riolita Panalillo, tienen como minerales normativos principales los característicos de las rocas félsicas (riolitas), tales como

Q = 37.89 a 44.49 %, Or = 25.53 a 30.43 %, Ab = 18.93 a 25.96 %, An = 1.47 a 2.63 %, Hy = 0.74 a 0.88 % y Mt = 1.56 a 2.02 %.

Basalto La Placa

Las muestras analizadas del Basalto La Placa, presentan minerales normativos de las rocas intermedias a máficas, como Q = 8.70 a 15.39 % Or = 7.79 a 16.33 %, Ab = 19.76 a 23.87 %, An = 24.72 a 28.90 %, Di = 3.94 a 13.71 %, Hy = 9.03 a 19.73 %, Mt = 4.94 a 5.86 % e l/ = 1.78 a 3.15 %.

Basalto Cabras

Las muestras VB-21, 23, 31 y 35 que corresponden con el Basalto Cabras, tienen minerales normativos correspondientes con las rocas máficas, con contenidos de Q = 0.16 a 10.59 %, Or = 10.92 a 15.61 %, Ab = 21.19 a 32.04 %, An = 16.89 a 21.07 %, Di = 3.58 a 10.25 %, Hy = 12.30 a 14.39 % y Mt = 7.42 a 9.56 %. La muestra VB 35, contiene Ne normativa (1.96 %), considerándose como lavas saturadas a sobresaturadas en sílice.

El Número de Magnesio (Mg #)

Se usa como medida de la evolución magmática, el Mg# disminuye casi linealmente con el índice de diferenciación al fraccionar fases máficas del líquido. En los basaltos del área de estudio el Mg# es de valores más altos que en las riolitas.

Los resultados son que las rocas Tbp muestran Mg# variando entre 31.16 a 67.52, con contenidos de MgO variando de 0.15 a 6.52, con relativamente baja cantidad de Ni (9 a 96 ppm) y concentraciones de Cr variando entre 86 a 267 ppm.

La conclusión con respecto a la variación del contenido de Mg es que entre menor evolución tienen las rocas, mayor cantidad de Mg contienen y en cuanto inicia la evolución, inicia el decaimiento de Mg, ya que éste se va quedando en los minerales máficos afines. En las rocas del volcanismo bimodal del "Semigraben de Bledos", se marca perfectamente esta evolución, dándose contenidos más altos

de Mg en el Basalto La Placa y valores considerablemente más bajos en la Riolita Panalillo.

Las rocas riolíticas son las más evolucionadas y tienen alto contenido de SiO_2 (75.33 a 80.07 %), se graficaron sobre un diagrama TAS (Figura 9), incluyendo los Basaltos Cabras y Placa.

Los elementos traza se usan tal como se reciben los datos del laboratorio químico, para la realización de los diferentes diagramas de discriminación tectónica.

4.2.2.1. Diagramas geoquímicos

1. Diagrama A-F-M. (Figura 8).

Es triangular y se le da el nombre por los óxidos usados en sus vértices, los totales son:

A = Álcalis = $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$. F = Fe_2O_3 (Total). M = MgO.

Se usa para distinguir las tendencias de diferenciación, entre series toleíticas y calcoalcalinas. Kuno (1968) e Irving y Baragar (1971) dan las líneas de división separando los campos de las series nombradas, basándose en el promedio de las rocas del volcán Thinmuli de Islandia para la tendencia toleítica y en promedio de las rocas de Cascadas para la tendencias calcoalcalinas (Carmichel, 1964).

Estos diagramas no dan información petrogenética confiable (Wright, 1974), en la Figura 8 se muestra el diagrama AFM para las rocas del área, con límites según Irving y Baragar, (1971) y Kuno (1968).

2. Diagrama TAS. (Figura 9).

La clasificación de las rocas que conforman el VBSGB, desde el punto de vista geoquímico se realizó con el diagrama TAS, (Figura 9) propuesto por Le Bas et al., (1986).

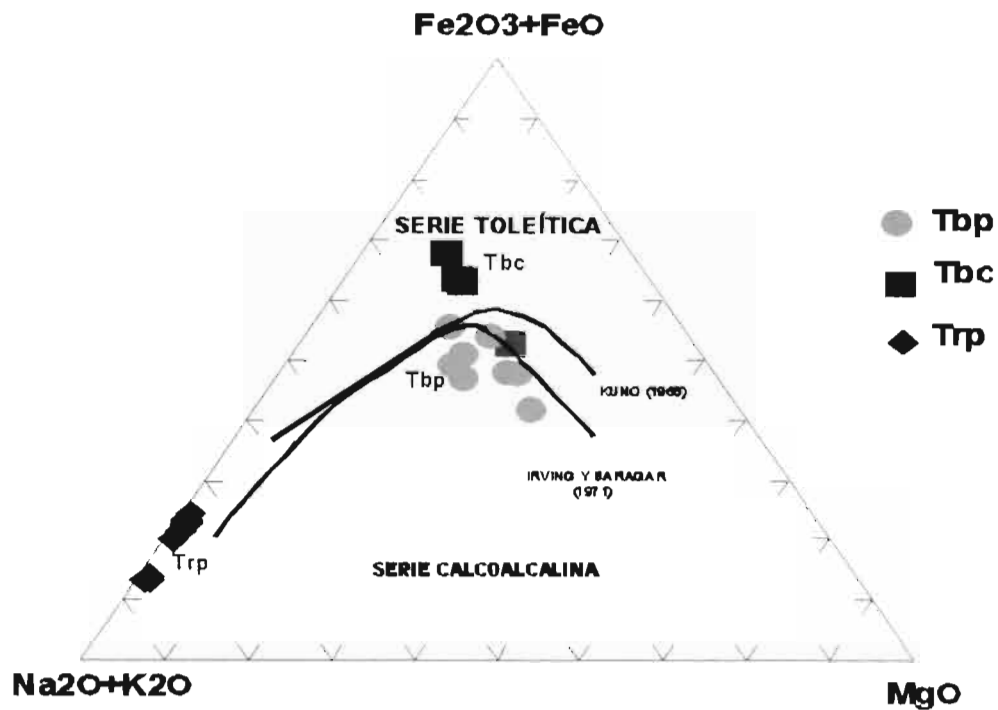


Figura 8. Diagrama AFM de las rocas del Semigraben de Bledos, S.L.P., de acuerdo con Irving y Baragar (1971), así como por Kuno (1968).

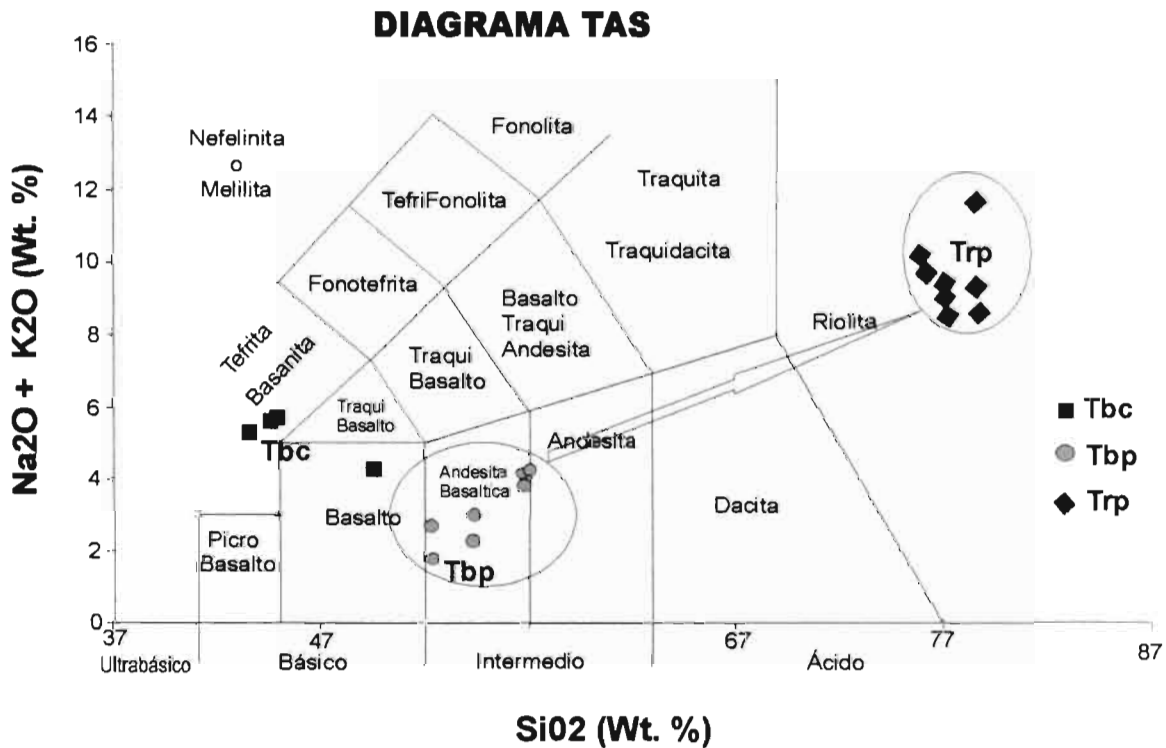
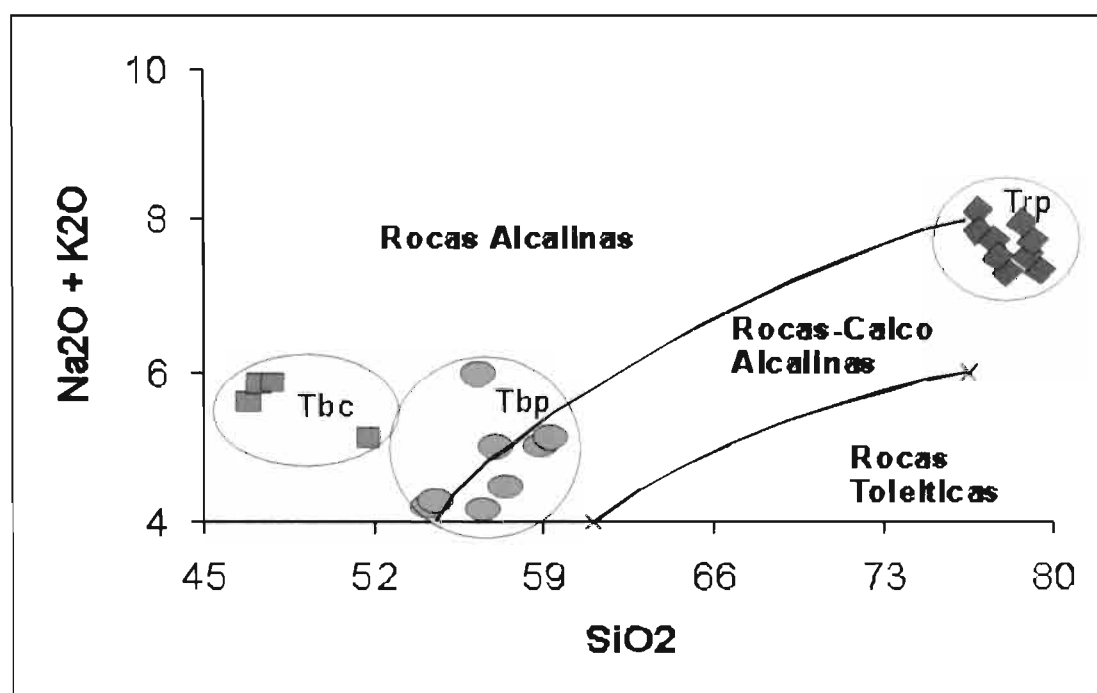


Figura 9. Diagrama TAS de las rocas del VBSGB, son mostradas usando la siguiente simbología: Tbc ■ - Tbp ● - Trp ◆, respectivamente se trata del Basalto Cabras, El Basalto La Placa y de la Riolita Panalillo.

3. Diagramas de clasificación de series de rocas alcalinas, subalcalinas calcoalcalinas y toleíticas. Figura 10.

Para graficar el total de álcalis vs. el total de sílice se pueden usar otros tipos de diagramas, como los propuestos por Irving y Baragar (1971) y Kuno (1966), en los cuales las rocas volcánicas se pueden subdividir en 2 series de magmas mayores (Serie alcalina y subalcalina), la subalcalina se divide en calcoalcalina y toleítica.

Para la clasificación de las rocas del área de estudio se uso el diagrama de Kuno (1966), como se muestra en la Figura 10.



Kuno 1966

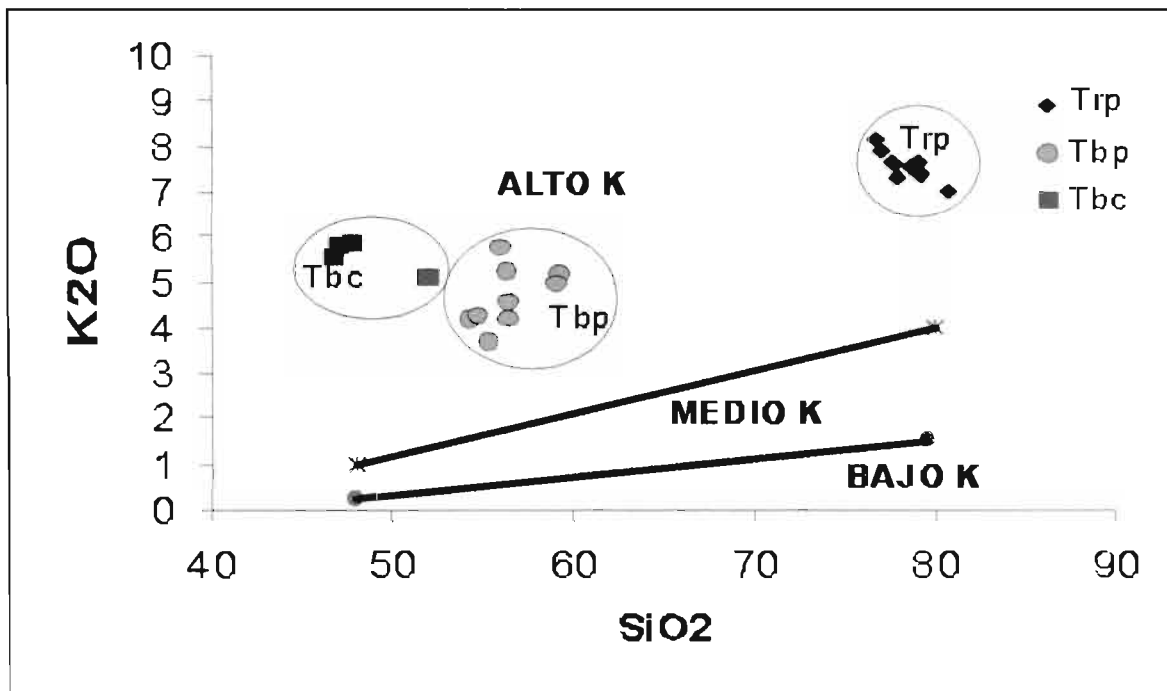
Figura 10.- Diagrama propuesto por Kuno (1966), usado para clasificación de las rocas del "Semigraben de Bledos", S.L.P.

4. Diagrama propuesto por Cameron et al., 1980. (Figura 11).

Se usa para graficar las muestras de acuerdo a su contenido de K_2O vs. el contenido de SiO_2 para la clasificación de rocas volcánicas, por lo que se aplicó para clasificar a las rocas en estudio. Estos nombres coinciden con respecto a los términos de serie toleítica – potasio bajo, serie calco alcalina – potasio alto de acuerdo con la síntesis hecha por Rickwood, (1989).

5. Diagramas de variación de Harker

Son diagramas bivariantes, (Figura 12). Usados por Harker, (1909) pueden ser rectangulares o triangulares (dos o tres variables), en estos se relaciona cualquier óxido mayor vs. SiO_2 , lo cual se considera como un parámetro de importancia geológica, ya que las rocas basálticas más pobres en SiO_2 son las más cercanas en composición al magma original, es por esto que los diagramas de éste tipo se consideran como un indicativo simple y muy significativo. Estos diagramas pueden ser muy útiles para identificar la serie magmática a la que pertenece cada grupo de rocas volcánicas trabajadas y sin embargo prácticamente estos diagramas no aportan información de las relaciones genéticas que existen entre ellas.



Cameron et al 1980

Figura 11. Diagrama propuesto por Cameron et al., 1980, usado para clasificar las rocas del volcanismo bimodal del "Semigraben de Bledos", de acuerdo a sus contenidos de K_2O vs. SiO_2 .

6. Diagramas de Tierras Raras. (REE)

Son un grupo de 14 elementos (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb y Lu, con rangos de números atómicos desde 57 (La) hasta 71 (Lu), de los cuales 14 ocurren naturalmente.

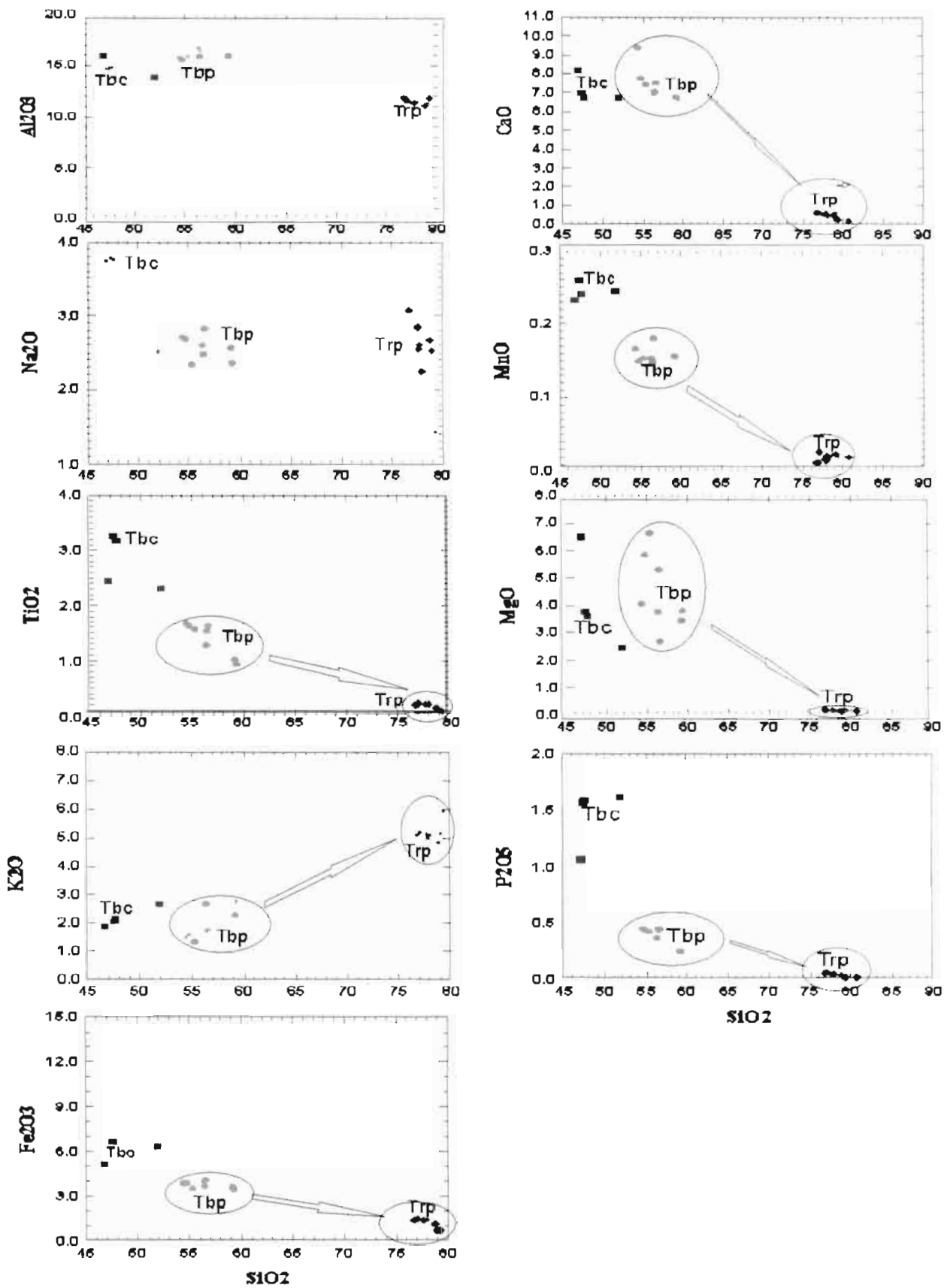
Los de números atómicos bajos se definen como Tierras Raras Ligeras, los de números atómicos intermedios como REE medias y los de números atómicos altos como REE pesadas.

7. Diagramas de Discriminación (Elementos Traza)

Se les conoce también como Diagramas de Variación Tectonomagmática, en los cuales se usan elementos traza, ya que estos son normalmente inmóviles bajo condiciones hidrotermales, con ellos se identifican distintos ambientes tectonomagmáticos.

Los diagramas de ambientes tectonomagmáticos de acuerdo con Pearce y Cann, (1971; 1973) se aplicaban a rocas de Arcos Volcánicos, de Piso Oceánico y de Intraplaca. Sin embargo el número de ambientes que se pueden identificarse hoy en día es mucho mayor, de los más usados además de los ya nombrados, se pueden identificar; MORB tipo N y E, Toleítas de Cuencas Trans-Arco, Basaltos Intraplaca, Arcos Continentales, Arcos Oceánicos, Basaltos Shoshoníticos, etc.

Para determinar en que tipo de ambiente tectonomagmático en el cual se ubican las rocas del volcanismo bimodal del Semigraben de Bledos, se usaron 3 diagramas, el de Kay et al., (1984), en el cual usa TiO_2 (% en peso) vs. $\text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{MgO}$ (% en peso) y el de Pearce and Norry (1979), el cual utiliza Zr vs. Zr/Y y el de Pearce and Cann (1973), el cual utiliza al Zr en el eje de las "X", en ppm y al Ti en el eje de las "Y", igualmente en ppm, como se muestra en las Figuras 14, 15 y 16 respectivamente.



12. Diagramas de variación de Harker.

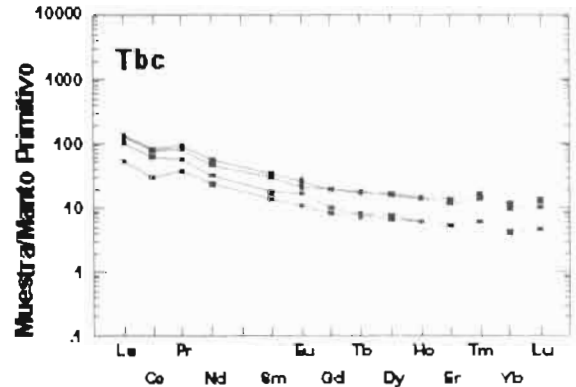
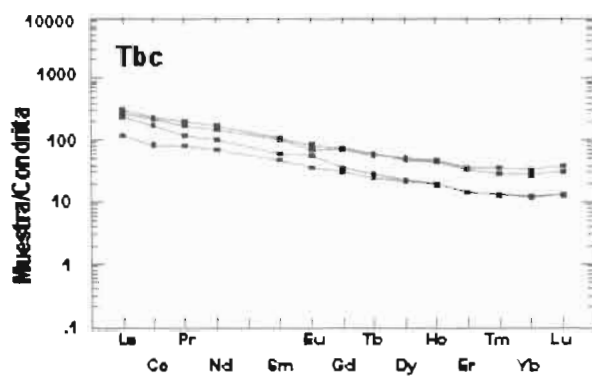
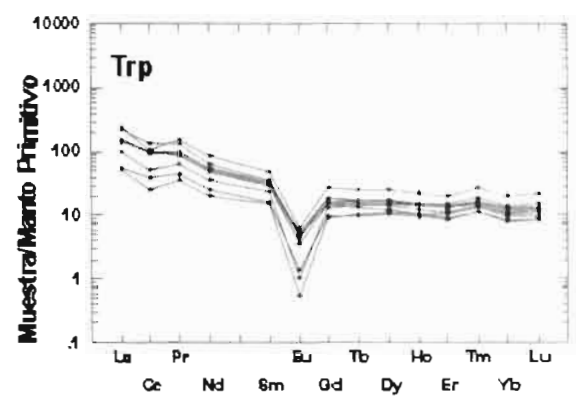
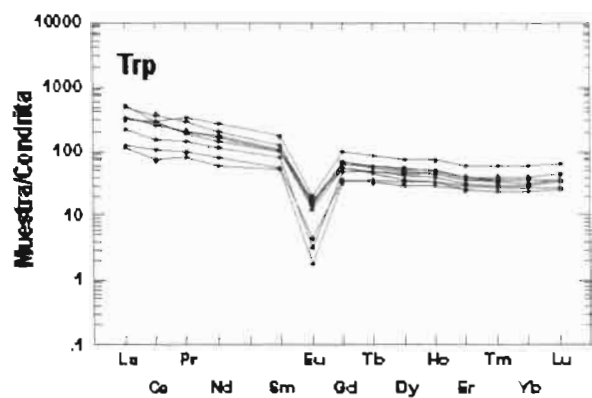
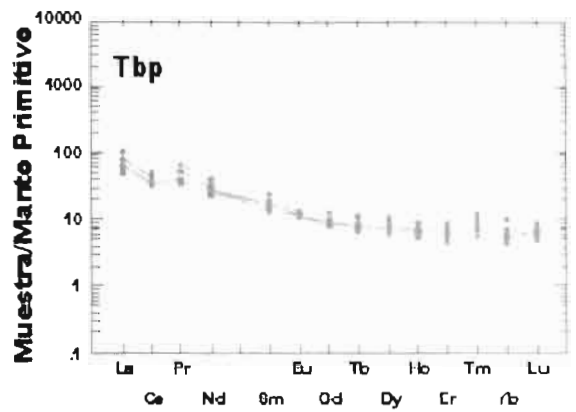
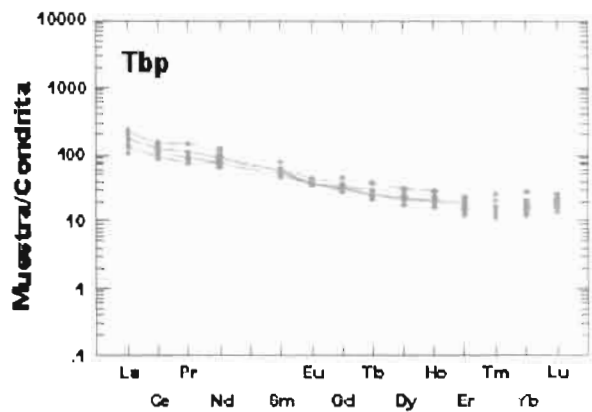


Figura 13. Diagrama de Tierras Raras normalizadas a Condrita y Manto Primitivo de las rocas del volcanismo bimodal del "Semigraben de Bledos".

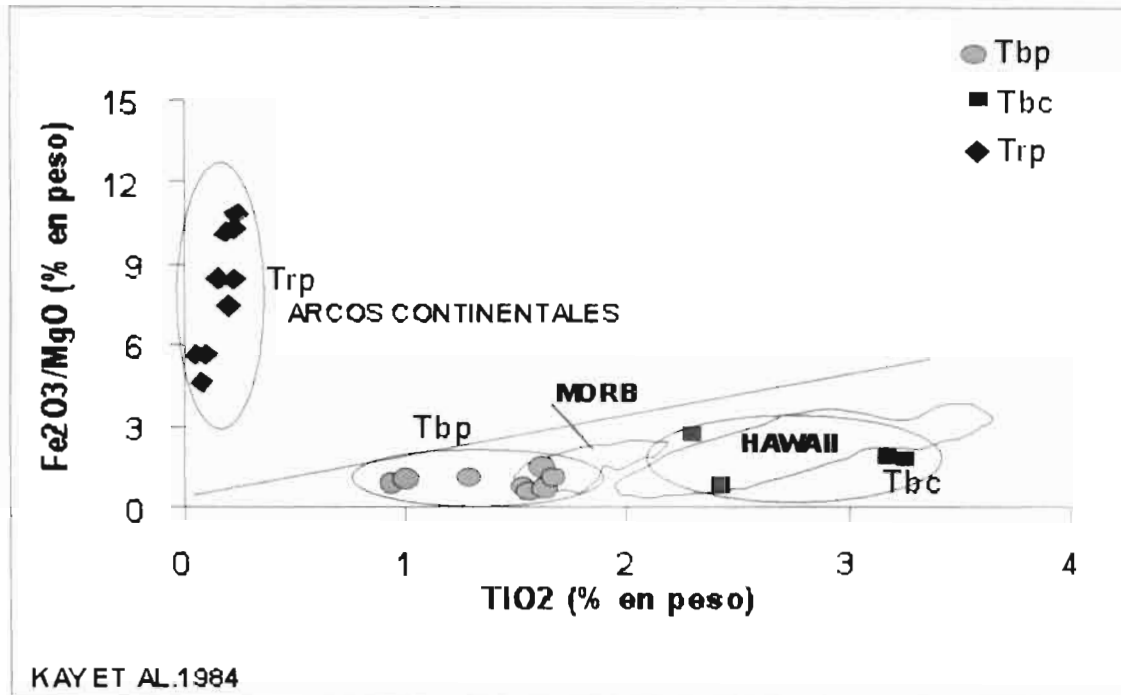


Figura 14. Diagrama de discriminación de Kay, et al., 1984.

En la Figura 14, la Riolita Panalillo grafica en las rocas de medio ambiente de Arcos Continentales, el Basalto La Placa en medio ambiente de MORB y el Basalto Cabras en medio ambiente tipo Hawai.

En la Figura 15, el Basalto La Placa grafica en el medio ambiente de Basaltos Intraplaca y el Basalto Cabras grafica cerca del anterior, pero fuera del campo del medio ambiente de Intraplaca.

El diagrama de Pearce and Cann (1973) Figura 16, usa al Zr / Ti , ambos en ppm, y divide los campos en cuatro, los cuales son:

- A. Toleítas de Arcos de Islas
- B. Basaltos Calcoalcalinos y Toleítas de Arcos de Islas
- C. Basaltos Calcoalcalinos
- D. Basaltos Tipo MORB.

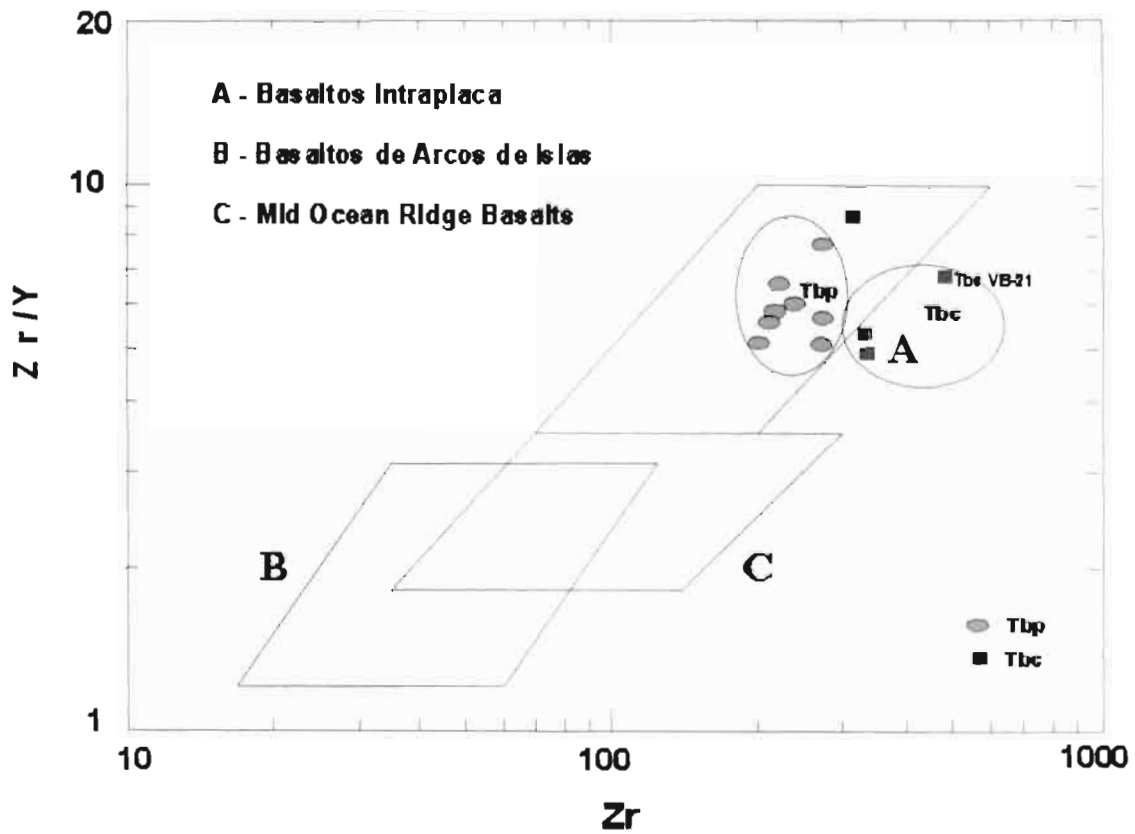
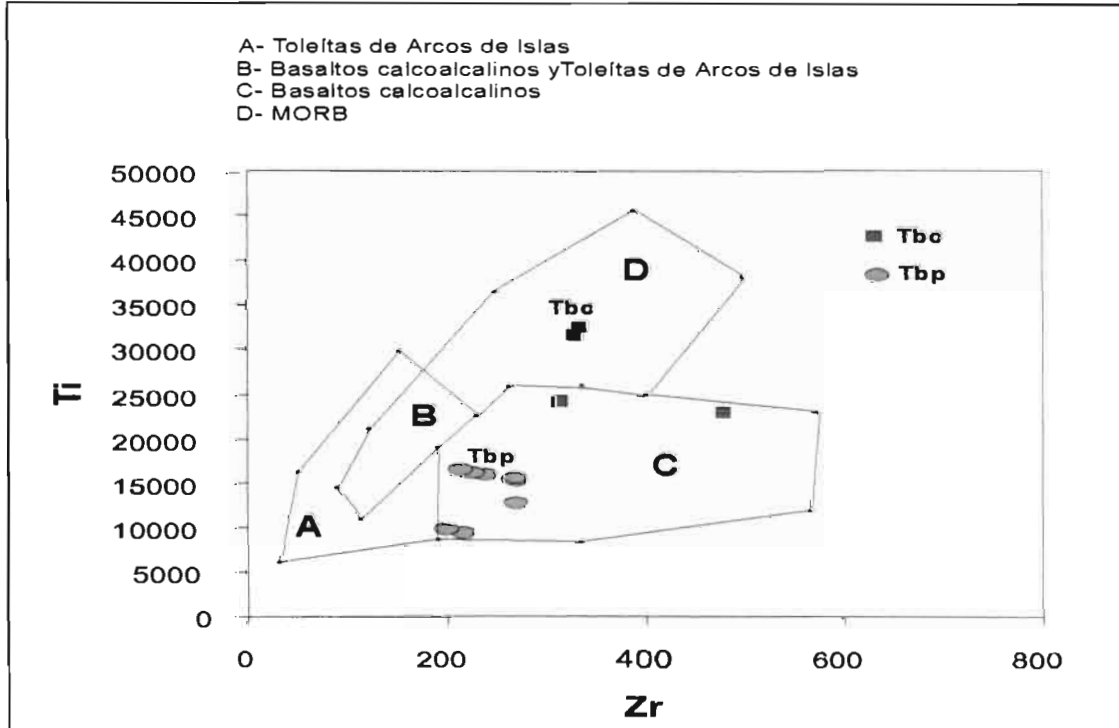


Figura 15. Diagrama de Discriminación de Pearce y Norry (1979). Se muestran los espacios en donde grafican las rocas basálticas del Semigraben de Bledos.



Pearce and Cann, 1973

Figura 16. Diagrama de Pearce and Cann, 1973.

En la Figura 16, el Basalto La Placa grafica en el medio ambiente de los basaltos calcoalcalinos y el Basalto Cabras grafica en medio ambiente tipo MORB.

4.2.3. Resultados de geoquímica

1. Riolita Panalillo (Trp)

De los análisis geoquímicos corregidos (Tablas 3, 4 y 5 del Anexo 5), se puede observar que la Trp es una roca volcánica de composición riolítica (Figura 9), de la serie calcoalcalina (Figura 10), con alto contenido en potasio (Figura 11).

Los porcentajes de los principales minerales normativos obtenidos para estas rocas por el programa SINCLAS (Verma et al., 2002) anotados de menor a mayor contenido son (Tabla 3, Anexo 5):

Q = 37.89 a 44.49 %, Or = 28.53 % a 30.43 % y Ab = 18.93 a 25.69 % y todas las rocas riolíticas reportan hiperstena normativa, con valores de 0.74 a 0.88 %.

Los contenidos de óxidos mayores son, $\text{SiO}_2 = 75$ a 79 %, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 10$ a 15 %, $\text{Na}_2\text{O} = 2$ a 3 %, $\text{TiO}_2 = 0.5$ %, $\text{K}_2\text{O} = 5$ a 6 %, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0.5$ a 2 %, $\text{CaO} = 0.3$ a 0.6 %, $\text{MnO} = 0.01$ a 0.2 %, $\text{MgO} = 0.12$ a 0.17 %, (Figura 12). Los diagramas de ésta figura, en general nos indican tendencias negativas, las cuales se muestran cuando aumenta la proporción de SiO_2 en las rocas, a excepción del diagrama de SiO_2 vs K_2O , ya que el K_2O , aumenta en cuanto aumenta el contenido de sílice. Aunque para el Al_2O_3 y Na_2O la tendencia negativa es casi nula inclusive en éste último se muestra casi plana en comparación con las otras rocas analizadas del área. El K_2O se muestran con altos contenidos por lo que se ve tendencia positiva con respecto a los basaltos. De acuerdo con las tendencias negativas en el TiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MnO , MgO y en el P_2O_5 , puede interpretarse que la cristalización fraccionada pudo haber jugado un papel muy importante en el VBSGB, aunque los patrones rectos que presentan los valores en el MgO , TiO_2 y P_2O_5 , pudieran estar indicando que también existió algo de mezcla de 2 componentes, uno basáltico y otro granítico, (Best. 2003). Además se observa continuidad en la mayoría de los diagramas por lo que se interpreta que las rocas del VBSGB, son comagmáticas (Figura 17).

El Si O₂ varia de 76.76 % para la roca menos diferenciada, hasta 78.82 % para la riolita más diferenciada del área de estudio. Los valores reportados para el Al₂O₃ van de 11.01 %, hasta 11.58 %. Con respecto a los valores de Na₂O, estos van desde 2.23 %, hasta 3.06 % como valor más alto. Los valores más bajos y altos en cuanto al K₂O, son 4.82 %, hasta 5.92 %. El número de magnesio (Mg #) reportado es de 23.59 hasta 17.66.

Los valores de los resultados anteriores nos están indicando que las rocas VB-5 y 20 son las más evolucionadas de las riolitas y que la VB-38 es la menos evolucionada, correspondiéndose en los contenidos de silicio, aluminio, sodio y potasio, así como con los valores del número de magnesio, el cual nos indica que entre menos contenido de sílice, mayor Mg#.

La muestra marcada como VB 20 tiene valores relativamente altos (con respecto a las mismas riolitas) de elementos incompatibles como Sr, Ba y Cr. La VB 38 está relativamente enriquecida en Rb, Y y Nb. La VB 24 esta enriquecida en Zr, Co y Cu y la VB 5, está relativamente enriquecida en Ni y Th. Estos valores de los elementos traza en estas muestras, indican que dentro de la misma unidad (Trp), existen diversos grados de diferenciación.

Las cantidades relativamente anómalas de Sr, Ba y Cr, están quizá indicando que la cristalización fraccionada de la plagioclasa jugó un papel importante en la cristalización de las riolitas y que la fusión parcial es poco importante.

En general las riolitas muestran valores relativamente bajos como en el Ni, en donde los valores van de 9 ppm el más bajo, hasta 14 ppm. El Co se encuentra también en poca cantidad, el valor más bajo es de 16 ppm y el más alto es de 56 ppm. El Cr está en valores muy bajos, con valores de <2 ppm y el valor más alto es de 10 ppm. El contenido de estos elementos es lógico ya que como son rocas evolucionadas con altos contenidos de sílice, no tienen cantidades significativas de estos elementos incompatibles.

Los patrones de tierras raras (normalizadas a condrita y manto primitivo, Figura 13) de estas rocas presentan una relación LREE / HREE similares (8.08 a 9.86), el fraccionamiento de las tierras raras ligeras (LREE) así como el de las

tierras raras pesadas (HREE) se presentan también similares (3.00 a 2.62) y (1.56 a 1.68), estas rocas muestran regulares pendientes de La a Sm, y algunas presentan anomalías negativas en Eu ($0.141 < \text{Eu}/\text{Eu}^* < 0.158$), y las HREE se presentan de forma regular, en general los patrones REE de estas riolitas despliegan un modelo plano, con la excepción de la anomalía en Eu. Esta anomalía sugiere una diferenciación del magma, así como fraccionamiento de la plagioclasa, ocurrida a profundidades someras (Huspeni et al., 1984). Estas anomalías negativas en Eu, soportan también la importancia de una cristalización fraccionada en estos magmas, y esto es consistente con la conclusión de Huspeni et al., (1984) que la extrema diferenciación de las riolitas con Sn en el NW de México es el resultado de cristalización fraccionada. La presencia de esta anomalía en Eu, también esta relacionada a la magnitud del equilibrio entre el magma y la plagioclasa, por ejemplo, el incremento paulatino de anomalías negativas en Eu en una serie de rocas volcánicas puede indicar la separación progresiva de la plagioclasa del magma, si este mineral se observa como fenocristal (Cullers y Graf, 1984).

2. Basalto La Placa (Tbp)

De acuerdo con los análisis químicos corregidos (Tablas 3, 4 y 5 del Anexo 5), es una roca ígnea extrusiva con composición de la Andesita Basáltica (Figura 9), con contenidos relativamente altos de álcalis (Figura 10), por lo que está variando de la serie calcoalcalina a la alcalina y con alto potasio (Figuras 11) Las rocas marcadas como VB 43, 45 y 47 están en el límite de las rocas calcoalcalinas con las alcalinas y la muestra VB 13 es del tipo alcalino (con contenidos altos de álcalis).

Los contenidos de los óxidos mayores son valores que van de $\text{SiO}_2 = 54.33$ a 59.28 %, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 15.56$ a 16.66 %, $\text{MgO} = 2.68$ a 6.61 %, $\text{Na}_2\text{O} = 2.33$ a 2.82 %, $\text{K}_2\text{O} = 1.31$ a $2,76$ % (Figura 12).

De acuerdo con la norma tienen contenidos normativos de Q = 8.70 a 15.39 %, Or = 7.79 a 16.33 %, Ab = 19.92 a 23.87 %, An = 24.72 a 28.90 %. Todas tienen contenidos de Hy = 9.12 a 16.12 %. El Mg# = 44.28 a 67.52 .

Estos diagramas en su mayoría muestran leves tendencias negativas de los óxidos mayores, cuando aumentan los contenidos de sílice, lo cual nos pudiera estar indicando que la cristalización fraccionada fue uno de los procesos generadores de estas rocas.

Los modelos de REE (Figura 13), de esta unidad muestran ligero enriquecimiento en tierras raras ligeras, el fraccionamiento de las REE se presenta un poco variable (4.78 a 7.05), mientras que el fraccionamiento de las LREE se observa constante (2.18 a 2.68), de la misma manera el fraccionamiento de las HREE se presenta con poca variabilidad (1.44 a 1.69), y presentan generalmente un patrón plano, característico de este tipo de rocas.

De acuerdo con los datos geoquímicos anotados, el Basalto La Placa es una roca ígnea extrusiva de composición intermedia, clasificada como Andesita Basáltica calcoalcalina, ligeramente alcalina. de medio ambiente de Intraplaca (Figura 15).

3. Basalto Cabras (Tbc)

De acuerdo con los valores obtenidos y corregidos de los análisis químicos (Tablas 3, 4 y 5 del Anexo 5), la roca Tbc se caracterizó como ígnea volcánica de composición variando de la tefrita basanítica al basalto (Figura 9), de la serie toleítica, alcalina (Figura 10), con altos contenidos de potasio (Figura 11), con contenidos de $\text{SiO}_2 = 46.87$ a 51.92 %, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 13.73$ a 15.88 %, $\text{MgO} = 2.44$ a 6.45 %, $\text{Na}_2\text{O} = 2.505$ a 3.78 %, $\text{K}_2\text{O} = 1.849$ a 2.64 %, (Figura 12), los cuales en relación con las rocas Tbp y Trp muestran tendencias negativas tal como en el diagrama de Na_2O vs. SiO_2 . Las rocas del Basalto Cabras contienen valores de $\text{Na}_2\text{O} = 2.50$ a 3.74 %, mientras que las Tbp y Trp, tienen $\text{Na}_2\text{O} = 2.35$ a 2.57 %, por lo que se observa la tendencia negativa entre los basaltos. En el diagrama de TiO_2 vs. SiO_2 : Las rocas del Basalto Cabras contienen $\text{TiO}_2 = 2.29$ a 3.25 %, las de los basaltos Tbp tienen $\text{TiO}_2 = 0.94$ a 1.66 % y las de la Riolita Panalillo (Trp) contienen $\text{TiO}_2 =$ menos de 1 %, por lo que se ve la tendencia definitivamente negativa entre las 3 suites, en cuanto aumenta la cantidad proporción de sílice. En

el diagrama de K_2O vs. SiO_2 : Los Basaltos Tbc y Tbp, tienen proporciones parecidas de $K_2O = 1.58$ hasta 2.76% , sin embargo la Riolita Panalillo (Trp) contiene $K_2O = 5$ al 6% , por lo que se observa por el contrario, una tendencia (+) con altos contenidos de potasio en las riolitas.

Los contenidos según la norma, los minerales normativos como cuarzo, está con cantidades de 10.599% a 0.169% ; la muestra VB-23 y 35 no tienen contenidos normativos de éste mineral. Feldespato alcalino con cantidades de 10.927% a 15.614% , plagioclasa Na (Ab), va de 21.197% a 31.875% , plagioclasa Ca (An), con cantidades de 16.896% a 21.073% . Todas estas muestras del Tbc contienen hiperstena normativa, a excepción de la VB-35, la cual contiene nefelina normativa y clasificada con el diagrama TAS (figura 9) como un traquibasalto potásico. Presentan diópsido normativo, el cual esta en cantidades que van de 3.582% a 10.256% . El Olivino normativo está en las muestras marcadas como (VB -23 y 35), las (VB- 21 y 31) no contienen dicho mineral

En el diagrama de Fe_2O_3 vs. SiO_2 : El Basalto Cabras tiene mayor concentración de Fe_2O_3 con respecto al Basalto La Placa y a la Riolita Panalillo; en éste diagrama se observa tendencia negativa desde Tbc hacia Tbp y Trp. En el diagrama de CaO vs. SiO_2 : Los Basaltos Tbc y Tbp, contienen cantidades muy parecidas de CaO , las cuales varían desde 6.66 a 9.36% y las Riolitas Trp tienen cantidades menores al 1% , por lo que se observa igualmente tendencia fuertemente negativa de los basaltos hacia las riolitas.

Igualmente se marca en el diagrama de MnO vs. SiO_2 en donde El Basalto Tbc tienen mayor cantidad de MnO con respecto al Basalto Tbp y a la Riolita Trp, por lo que se observa la tendencia fuertemente negativa desde los Tbc hacia los Tbp y Trp.

Diagrama de MgO vs. SiO_2 : En general los Basaltos Tbc y los Tbp, tienen valores de $MgO = 2.44$ a 6.61% ; la Riolita Panalillo tienen valores menores al 1% , por lo que sigue observando la tendencia negativa desde los basaltos hacia las riolitas.

Diagrama de P_2O_5 vs. SiO_2 : El Basalto Cabras contiene mucha mayor cantidad de P_2O_5 que el Basalto La Placa y estos a su vez contienen un poco más

que la Riolita Panalillo, por lo que se sigue viendo la tendencia negativa desde los basaltos hacia las riolitas.

Estas tendencias negativas de los óxidos, nos indican claramente que existen diferencias muy marcadas en origen entre las diferentes suites encontradas en el volcanismo bimodal de Bledos.

Las REE tienen en general comportamiento plano característico de estas rocas (Figura 13), con una muy ligera variación en la fraccionación de las LREE, las cuales tienen valores más altos que las HREE.

El Mg #: Es de 31.161, 40.195, 39.314 y 58.232 en las muestras marcadas como (VB – 21, 23, 31 y 35 respectivamente), lo que indica que en mayor abundancia de sílice, menor Mg# y en menor cantidad de sílice (VB-35) mayor Mg#, esto correspondiendo además con los contenidos de MgO.

Ya en lo general y de acuerdo a los datos obtenidos, el Basalto Cabras se caracteriza como una serie volcánica variando de Tefrita basanítica a basalto alcalino, con alto contenido de álcalis, de ambiente tipo Hawai (Figura 14).

Capítulo 5. Discusión de los Resultados

5.1. Discusión de la petrografía.

1. Petrografía de la Riolita Panalillo

Conforme a las observaciones hechas en las láminas delgadas de la Riolita Panalillo, miembro superior, en ésta, las muestras VB-28 y VB-49 tienen contenidos de fragmentos de cristales de plagioclasa identificados como labradorita a manera de xenocristales (tabla 1, Anexo 3) y en las muestras VB 27, VB 30 y VB 49, se observaron fragmentos de roca de composición intermedia a máfica como xenolitos, como lo observado en el volcanismo bimodal de Kapsiki Plateau, Ngounouno et al., (2000) en donde las riolitas existentes contienen xenolitos de basalto con olivino, clinopiroxeno y plagioclasa cálcica.

En las muestras VB 36, 38, 41 y 42, se encontraron fragmentos de cristales de olivino y de piroxenos, de composición igual a la que se observa en el Basalto La Placa, en la muestra VB 49, se encontró algo de fragmentos de olivino alterado a iddingsita y posteriormente con el desarrollo de una aureola de reacción de probables piroxenos. Ngounouno et al., (2000) propone que los xenocristales de olivino provienen de la disgregación de xenolitos de peridotita, por lo que el magma máfico es derivado de fusión parcial de una fuente de peridotita del manto. Una fusión del manto a gran escala puede ser producida por descompresión adiabática de calor anómalo en astenósfera seca, durante el dilatamiento de la litosfera sobreyacente,

Lo anterior encontrado en las rocas de la Riolita Panalillo está indicando que esos fragmentos de labradorita y de roca, fueron muy probablemente arrancados y acarreados a partir de una roca que ya se encontraba en el lugar de salida de la Riolita Panalillo, por lo que podemos inferir que esa roca es el Basalto Placa que se depositó en épocas un poco anteriores a la riolita.

El olivino es así mismo un mineral que fue acarreado en la salida de la riolita, pero sin embargo la estructura de aureola de reacción que presenta, ya venía desde su lugar donde se originó (xenocristal), y no se desarrolló al menos

en el momento y en su estancia en el magma que originó a la riolita, ya que dichas estructuras se encuentran tanto en los minerales máficos y en los feldespatos de las rocas basálticas del volcanismo bimodal (Tbp), por lo tanto esta estructura está indicando que existió desequilibrio en la composición del magma en el que se encontraba dicho mineral y, en su acarreo hacia la superficie en la riolita, únicamente sufrió quizá algo de recalentamiento y quizá algo de fracturamiento, por lo que se pudiera pensar que quizá muy probablemente existieron dos magmas de composición polarizada y que se generó algo de mezcla de magmas y un porcentaje bajo de cristalización fraccionada indicada por estas aureolas de desequilibrio.

Los cristales de olivino no están en equilibrio con la lava huésped (Riolita Panalillo), al igual que los contenidos de sanidino y cuarzo en el basalto. Estas son características que arguyen a favor de mezcla de magmas, basálticos con félsicos, aunque en el volcanismo bimodal de Kapsiki Plateau, las riolitas que se encuentran y que tienen estas características descritas, son consideradas que provienen de cristalización fraccionada.

2. Petrografía del Basalto La Placa

Estas rocas basálticas son de gran interés para el presente estudio, por las características muy especiales que presentan del volcanismo bimodal en el Campo Volcánico de San Luis Potosí, en el área del "Semigraben de Bledos".

El Basalto La Placa, contiene fenocristales y fragmentos de cuarzo (Tabla 1, Anexo 3), como se describen en las muestras VB 39, 46 y 48. Se cree que estos cristales son de xenolitos que fueron atrapados por el magma basáltico en su salida hacia la superficie, muy probablemente provienen de un magma riolítico. Además se encontraron igualmente fragmentos y fenocristales de feldespato potásico (sanidino) en las muestras marcadas como VB 6 y 42, de orígenes muy parecidos a los del cuarzo.

En el volcanismo bimodal de Kapsiki Plateau (Ngounouno et al., 2000), se describen xenocristales de anortoclasa y sanidino en los basaltos (hawaitas) lo

cual le indica que la composición de las lavas félsicas parecen ser el resultado de procesos de cristalización fraccionada que afectó a magmas basálticos.

Las muestras marcadas como VB 46 y 48, contienen probables feldespatoides, por lo que el magma generador de las rocas Tbp, se empobreció o tenía relativamente bajos contenidos de SiO_2 .

Las rocas del Basalto La Placa (Tbp), presentan microestructuras con características muy especiales del volcanismo bimodal del Semigraben de Bledos, estas microestructuras son en corona, con anillos de reacciones incompletas y, se observan tanto en los xenolitos como en los fenocristales de minerales máficos. Esto nos está señalando que existió asimilación incompleta de minerales (fragmentos y cristales de cuarzo y feldespatos) fuera de equilibrio en el magma basáltico y respecto a los minerales máficos se pudiera interpretar que estos fenocristales que presentan dichas microestructuras, pudieron haberse formado en otras zonas fuera del contexto magmático del Basalto La Placa y que reaccionaron de esta manera al entrar en contacto con el magma que dio origen al mismo o quizá que ya venían formados en el magma y cuando se dio el contacto con el magma félsico, se produjo el desequilibrio, o que quizá pudieran provenir de una fuente peridotítica del manto, como lo señalado por Ngounouno et al., (2000), para el volcanismo bimodal de Kapsiki Plateau.

De acuerdo con Best, (2003) estas microestructuras nos indican que las relaciones de la reacción discontinua incompleta en fraccionación de magmas, son registradas en una reacción en anillo, que rodea a un cristal anhedral reabsorbido parcialmente por el magma y se llega a observar en muchas rocas magmáticas, donde las fases de anillo y núcleo son soluciones sólidas.

La Temperatura decreciente y la concentración del agua en la cristalización del magma desestabiliza al clinopiroxeno, tanto que estos reaccionan con el fundido para formar anillos de reacción de hornblenda. Si las condiciones magmáticas hubieran tenido cambios más lentos, lo suficiente para que la relación de reacción de difusión controlada pudiera haber sido completada, alcanzando un estado de equilibrio, todo el piroxeno habría sido consumido en la reacción. La reducción en la presión del agua en el sistema volcánico, promueve una reacción

entre la hornblenda de reabsorción inestable (del anillo) y el fundido que la rodeaba, creándose así un anillo de reacción alrededor del piroxeno estable, la plagioclasa, los óxidos de Fe y Ti y el anillo en desarrollo limitan la consiguiente reabsorción, del piroxeno en el tiempo restante de reacción.

Un xenocristal de cuarzo incorporado dentro de un magma basáltico reacciona con el fundido no saturado de sílice, formando un anillo de reacción de cristales de clinopiroxeno estable, de hábito normalmente en formas de aguja, que probablemente reflejan una rápida cristalización, ya que el fundido caliente puede bajar su temperatura rápidamente alrededor del xenocristal frío. Otra historia de reacciones es revelada en fusiones que rodean a algunas plagioclasas, estas tienen una zona concéntrica interna llena de inclusiones irregulares de granos diminutos de minerales similares a aquellos que constituyen la matriz microcristalina de la roca. (Fotomicrografías 10 y 11).

En el área de estudio, los cristales de xenolitos (cuarzo-feldespatos) que se encuentran en los basaltos (Tbp) y que están en desequilibrio, tienen estructuras en corona y, están rodeados por minerales máficos y, lo mismo sucede con los xenolitos de olivino encontrados en la Riolita Panalillo.

Los minerales máficos del Basalto La Placa (Tbp), son en lo general piroxenos (diópsido y augita) y escasamente se encontró algo de olivino alterado a iddingsita. Estas características anotadas son indicativas del vulcanismo bimodal del área estudiada.

3. Petrografía del Basalto Cabras

Las muestras analizadas petrográficamente del Basalto Cabras, las cuales se creían parte del vulcanismo bimodal en el área estudiada, se determinó que petrográficamente no presentan las características anotadas para el Basalto La Placa, esto debido a que en definitiva podemos asegurar que el Basalto Cabras (Tbc), no forma parte del vulcanismo bimodal en el área, ya que son rocas de diferente edad y composición, sin embargo son rocas muy importantes en el contexto general del vulcanismo en el área, ya que son basaltos alcalinos que están indicando la tectónica extensional.

En lo general son basaltos normales con contenidos de minerales máficos principalmente de egirina y augita y en ocasiones algo de diópsido en la matriz; además contienen algo de olivino, el cual está generalmente alterado a iddingsita y a bowlingita.

5.2 Discusión de la geoquímica

1. Geoquímica de la Riolita Panalillo

Las variaciones en cuanto a los elementos mayores (Figura 12), son generalmente consistentes con procesos de cristalización fraccionada, involucrando el fraccionamiento de minerales modales. Tanto las lavas máficas como las lavas félsicas, muestran tendencias regulares de diferenciación pero las pendientes de estas tendencias son distintas en cada grupo. Ello puede ser explicado en términos de cristalización fraccionada.

Los diagramas de SiO_2 vs. TiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , y P_2O_5 , marcan además contaminación cortical y el Mg, Ti y P, marcan la mezcla de dos componentes magmáticos de acuerdo con Best, (2003) y además señalan que las riolitas son rocas comagmáticas con las rocas del Basalto La Placa como se señala en la Figura 17, donde se compara Nb vs. Th, en la cual se verifica que existe comagmatismo entre Trp y Tbp, y que además se pueden relacionar a la misma fuente magmática derivada del manto como es demostrado para series volcánicas oceánicas y con dominios continentales intraplaca (Nono et al., 1994).

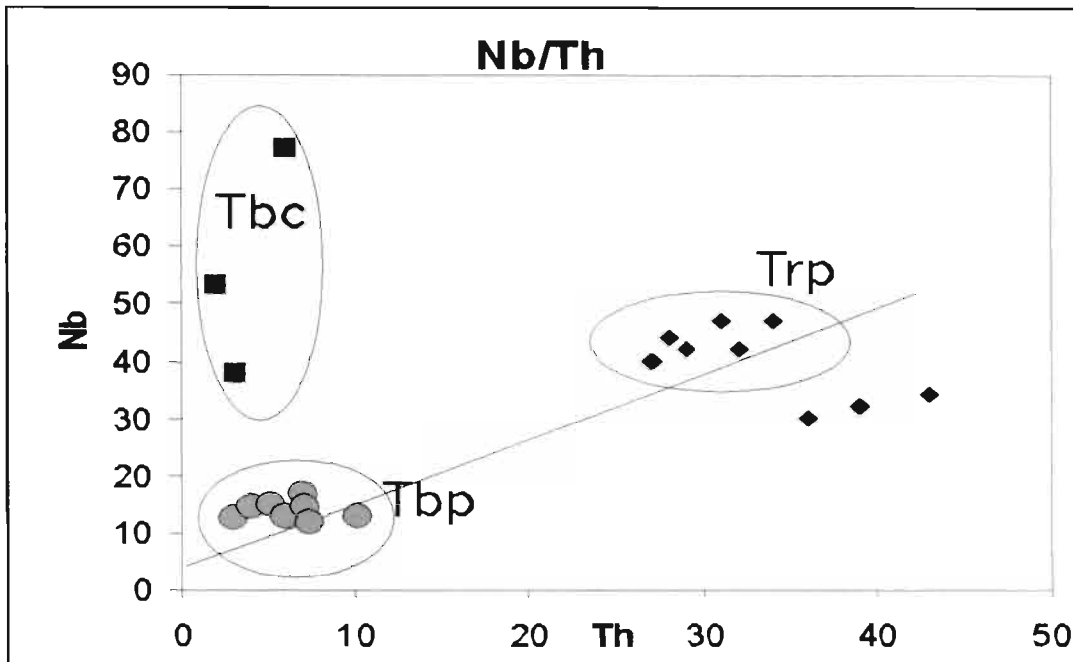


Figura 17. Los contenidos de Th/Nb, en las rocas, se puede observar una relación comagmática en el vulcanismo de Tbp y Trp, enriqueciéndose en ambos elementos conforme avanza la cristalización fraccionada. (Ngounouno et al., 2000).

Los elementos traza, están indicando que las riolitas son rocas evolucionadas con alto contenido de SiO_2 , y la composición de estas parecen ser el resultado de procesos de cristalización fraccionada, lo cual es soportado por el progresivo empobrecimiento y variación en los elementos Sr y Zr, y las variaciones menores observadas en los elementos Th, Rb y Ba en relación al contenido de sílice (Figuras 18 y 19).

El bajo contenido de Sr, P y Ti, en relación con las lavas intermedias podrían indicar cierto grado de cristalización fraccionada en feldespatos (Sr), apatito (P) e Ilmenita (Ti).

Los relativos bajos contenidos de Zr (352-440 ppm) en las roca félsicas, pueden resultar de asimilación de materiales corticales (Watson, 1979), mientras que los contenidos de P_2O_5 (0.029-0.054 %), puede también inferirse como algo de asimilación de materiales corticales (Fitton, 1987).

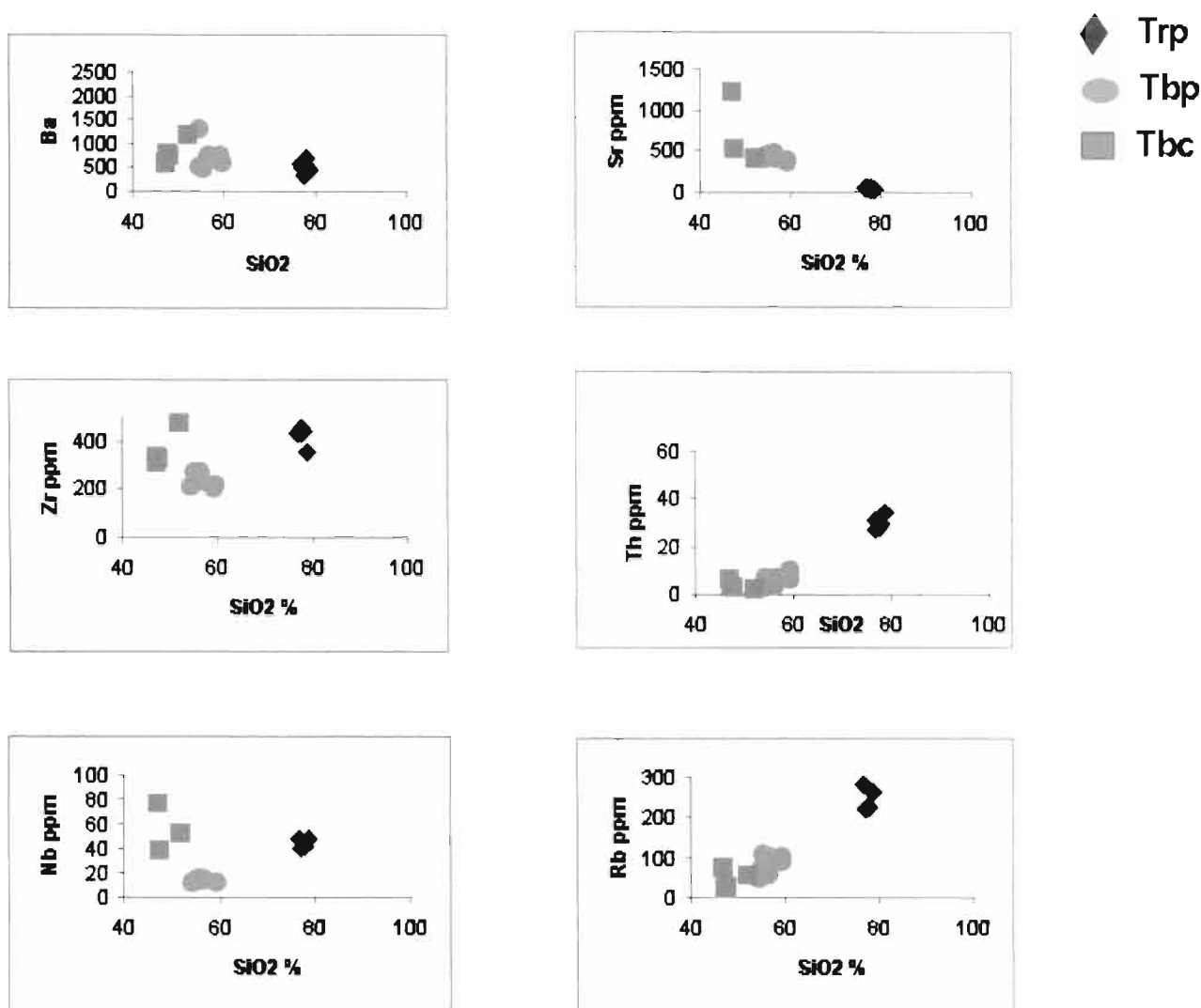


Figura 18. Diagrama de elementos traza vs. Óxido de silicio, mostrando los comparativos entre Trp, Tbp y Tbc.

Las tierras raras (REE), señalan que en estas rocas actuaron procesos de diferenciación magmática (cristalización fraccionada) con empobrecimiento en europio (Eu), las anomalías en europio están principalmente controladas por la cristalización fraccionada de los feldespatos, particularmente en magmas félsicos porque el europio (presente en estado divalente) es compatible en plagioclasas, en contraste con las REE trivalentes las cuales son incompatibles en estos. Así la separación o remoción de feldespato a partir de una fusión félsica por cristalización fraccionada, o por fusión parcial de una roca en la cual el feldespato

es retenido en la fuente puede dar lugar a una anomalía negativa en europio en la fusión Rollinson, (1996). Pero en menor grado, la hornblenda, esfena, clinopiroxeno, ortopiroxeno y granate pueden también contribuir para una anomalía en Eu en fundidos félsicos, aunque en sentido opuesto a ese de los feldespatos.

Los diagramas de discriminación ubican a estas rocas en ambientes tectonomagmáticos de arcos continentales, por lo que en lo general se interpreta que los datos geoquímicos obtenidos en el presente trabajo están dentro de lo normal, en cuanto a las rocas félsicas riolíticas trabajadas, en el área del Semigraben de Bledos.

El origen inicial de los magmas félsicos en el área de estudio es incierto y motivo de debate, pues hay quien considera que estos se originaron por fusión parcial a total de rocas corticales, Ruiz et al., (1988) y también se ha propuesto que son debidos a cristalización fraccionada de magmas generados en el manto, contaminados por una cantidad moderada de material cortical (Nimz et al., 1993).

Verma (1984), basado en datos isotópicos de Sr y Nd del área de S.L.P. - Zacatecas, concluye que las lavas riolíticas de esta zona contienen una fuerte cantidad de componente crustal. Las relaciones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ del área de Zacatecas y S.L.P., son de hecho altas y variables, similares a esas observadas en Yellowstone (U.S.A.) y son compatibles con una significativa participación de corteza siálica en su petrogénesis. Por lo tanto es conveniente realizar análisis isotópicos para verificar si los magmas félsicos del área en estudio contienen cantidades parecidas de Sr y Nd como las determinadas en el área nombrada.

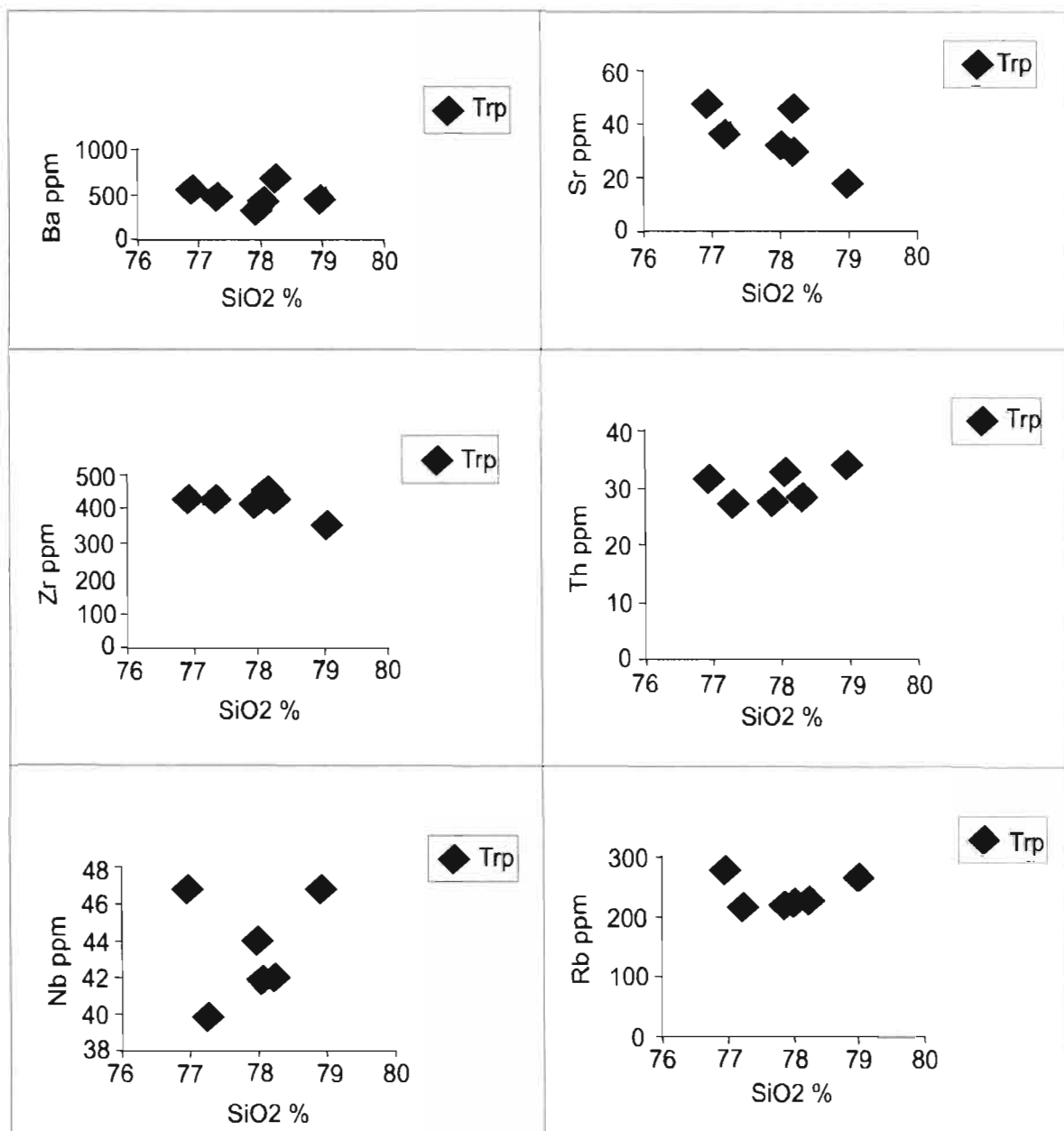


Figura 19. Diagrama de variación de elementos traza vs. SiO₂ en la unidad Trp

2. Geoquímica del Basalto La Placa

En el diagrama de SiO₂ vs. K₂O, (Figura 12), estas rocas grafican en el campo de las rocas con alto potasio. En general las rocas del CVSLP y las del VBSGB, contienen alto potasio. Las teorías con respecto a las rocas con altos contenidos de potasio dicen que éste puede estar relacionado a un bajo grado de fusión parcial de la fuente en el manto, lo que da lugar a que exista

enriquecimiento del líquido por elementos incompatibles provenientes de la corteza continental (Kay et al., 1991). Otra de las teorías de Chalot-Prat, (1995) nos dice que pudiera haber rompimiento de la biotita de la fuente magmática y ésta suelta el potasio y de esta manera vendría a enriquecer el líquido magmático.

No existe una relación entre el decrecimiento de elementos compatibles tales como Mg, Ni, Cr y Co, con el decrecimiento del Mg# (69.749-46.90), lo que sugiere que no existe fraccionamiento del olivino y por lo tanto tampoco de clinopiroxeno; además existe decrecimiento de los contenidos de Ti, Fe, y V (171 a 139 ppm) lo cual refleja el fraccionamiento de óxidos de Fe y Ti. Por lo que podríamos inferir que la cristalización fraccionada no jugó un papel importante en la petrogénesis de estas rocas.

Las muestras de andesitas y andesitas basálticas (Tbp), el Rb, Nb y Th se incrementan con el contenido de sílice, y Ba se incrementa débilmente, mientras que el Sr y el Zr permanecen relativamente constantes, este modelo es esperado para series evolucionando por fusión parcial. (Figuras 18 y 20).

Los diagramas de REE se observan con un ligero empobrecimiento en las tierras raras pesadas, (Figura 13), según Rollinson, (1996) dice que el enriquecimiento en las REE medias en relación con las REE ligeras y pesadas, es principalmente controlado por la hornblenda. Esto se hace evidente a partir de los coeficientes de partición de la hornblenda graficados en rocas como riolitas, dacitas, andesitas basálticas y basaltos, las REE en la hornblenda son compatibles en líquidos félsicos a intermedios y los coeficientes de partición más altos son entre diópsido y enstatita. Estos altos coeficientes de partición implican el que una cantidad moderada de hornblenda (20- 30%) pueda dominar el amplio coeficiente de partición en la fusión por este enlace de elementos y esto además influencia la forma del modelado de REE. El mismo efecto puede también ser observado también con clinopiroxeno, aunque los coeficientes de partición no son tan altos. La esfena puede también afectar el modelado de REE en una manera similar, aunque debido a que está presente usualmente en bajas concentraciones, el efecto puede ser enmascarado por otras fases.

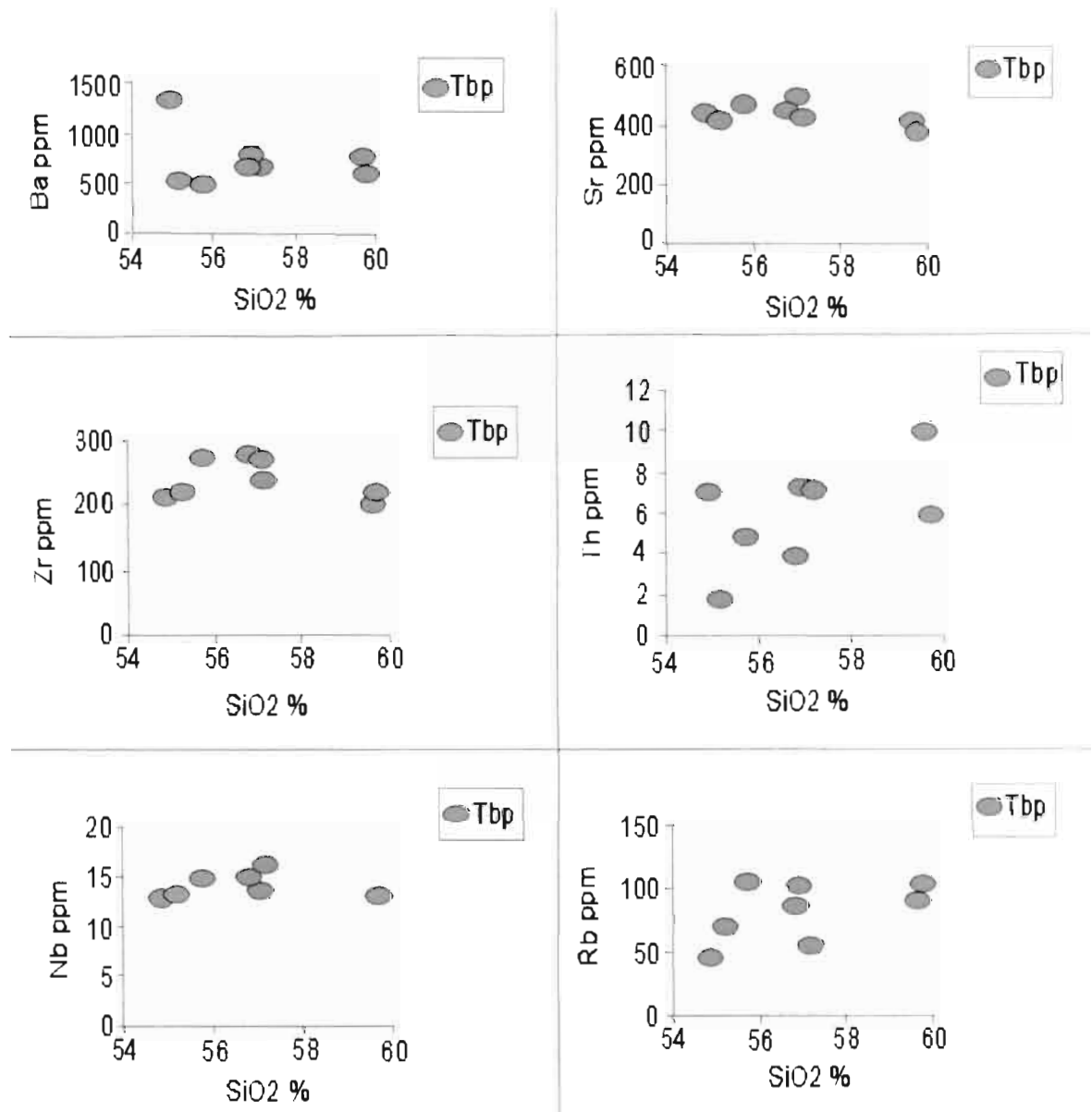


Figura 20. Variación de elementos traza vs. SiO₂ en la unidad Tbp.

El fraccionamiento de las REE ligeras con relación a algunas pesadas, puede ser causada por la presencia de olivino, ortopiroxeno y clinopiroxeno, por lo que los coeficientes de partición se incrementan en un orden de magnitud desde el La al Lu en estos minerales nombrados. En líquidos basálticos y andesíticos, no obstante, las REE son todas incompatibles en cada uno de estos minerales y por lo tanto son solo débilmente fraccionados.

Un empobrecimiento extremo de las REE pesadas con relación a las ligeras, es más usado para indicar la presencia de granate en la fuente, por eso es que hay una gran variación en los coeficientes de partición de las REE. En líquidos basálticos el coeficiente de partición para el Lu es más de 1000 veces mayor que para La. El efecto de empobrecimiento es menos extremo, aunque aun grande, en líquidos félsicos. En líquidos félsicos la hornblenda pudiera también explicar un enriquecimiento extremo de REE ligeras con relación a las pesadas, aunque el rango de coeficientes de partición no es tan grande como es el caso del granate. En líquidos félsicos, fases accesorias tales como la esfena, circón, alanita, apatito y monacita, pueden influenciar fuertemente el modelado de REE, aunque estas pueden estar presentes en solo pequeñas cantidades (frecuentemente mucho menos del 1% de la roca), sus muy altos coeficientes de partición indican que tienen una influencia desproporcionada en el modelado de REE. El circón puede tener un efecto similar a ese del granate y puede empobrecerse en las REE pesadas. La monacita y alanita causan agotamiento de las REE ligeras.

Algunas de las rocas del Basalto La Placa tienen altos contenidos de Mg# y cantidades altas a moderadamente altas de Cr y Ni, por lo que están señalando que son rocas provenientes de lavas primitivas y que muy probablemente provienen de fusión parcial de una fuente peridotítica de la parte superior del manto como lo sugiere Ngounouno et al., (2000).

La andesita basáltica VB 42, representa la lava más primitiva extravasada en el Semigraben de Bledos. Sus contenidos de MgO, Ni y Cr, así como el alto Mg#, podrían ser consistentes con un origen por fusión parcial.

3. Geoquímica del Basalto Cabras

Las muestras de las rocas tefríticas y basaníticas del Basalto Cabras (Tbc), muestran comportamiento de los elementos traza esperado para series con evolución de fusión parcial (Figuras 18 y 21), como lo muestran el Sr, Th y Nb, los cuales decrecen, mientras que el Ba, Zr y Rb se incrementan con el aumento de Si O₂.

Los diagramas de Harker se comportan parecido a los Tbp, con tendencias negativas en lo general, lo que nos está indicando procesos de fusión parcial.

La grafica de REE de la Figura 13, el comportamiento es igualmente parecido a las Tbp, en las cuales se observa un ligero empobrecimiento en las tierras raras pesadas, patrón que es congruente con fusión parcial.

Ya en lo general se puede decir que el Basalto La Placa (Tbp) y el Basalto Cabras (Tbc), son rocas diferentes en mineralogía, geoquímica y edad, concluyendo así que el Basalto Cabras (Tbc), no forma parte del VBSGB, pero es de suma importancia, ya que está evidenciando la tectónica extensiva en el área.

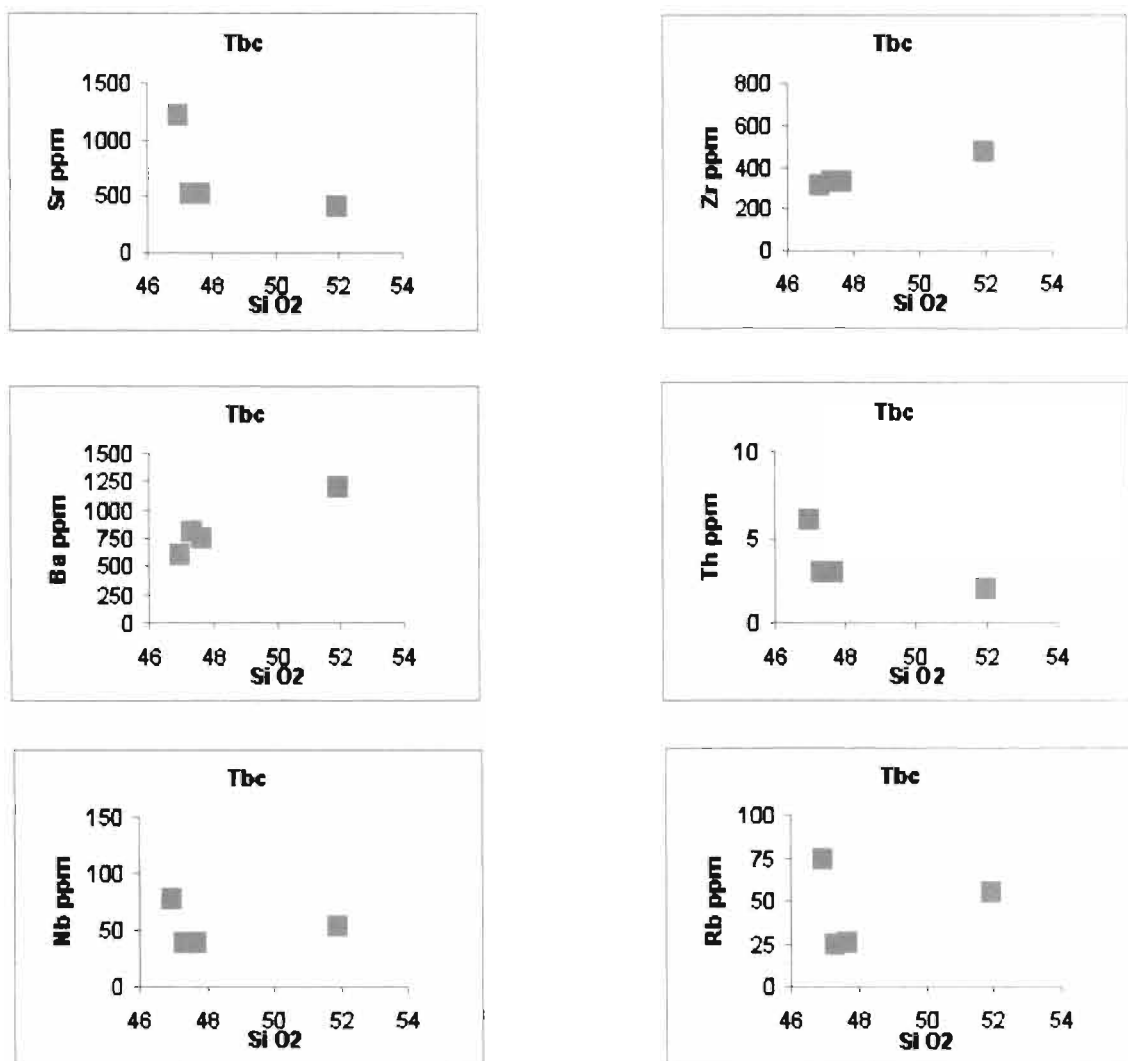


Figura 21. Variación de elementos traza vs. SiO₂ en la unidad Tbc.

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

De acuerdo con las determinaciones petrográficas de las rocas estudiadas se concluye que las rocas félsicas, son principalmente tobas vítreas en su mayoría soldadas (ignimbritas) y riolitas y las rocas máficas se determinaron como andesitas basálticas, basaltos andesíticos y basaltos.

Las muestras del Basalto Cabras, se pensaba formaban parte del vulcanismo bimodal en el área estudiada, sin embargo se determinó tanto petrográfica como geoquímicamente, que no presentan las características anotadas para el Basalto La Placa, y con esto en definitiva podemos asegurar que el Basalto Cabras, no forma parte del vulcanismo bimodal en el área, ya que el Basalto La Placa y el Basalto Cabras, son rocas diferentes en mineralogía, geoquímica y edad, concluyendo así que el Basalto Cabras, no forma parte del VBSGB.

Geoquímicamente las rocas félsicas son Riolitas ricas en K y las rocas basálticas (tbp) son subalcalinas y las (Tbc) alcalinas.

Por los estudios realizados en el presente trabajo, se concluye que sí existe vulcanismo bimodal en sentido estricto en el área de estudio y que el origen inicial del magma félsico es incierto y motivo de debate, se ha considerado que se originó por fusión parcial a total de rocas corticales y también se ha propuesto que son debidos a cristalización fraccionada de magmas generados en el manto, contaminados por cantidades moderadas de material cortical. En el presente los trabajos realizados indican que se trata de cristalización fraccionada, sin embargo es conveniente realizar análisis isotópicos para verificar los contenidos de Sr y Nd y verificar si existe contaminación de corteza continental.

La fusión parcial del manto superior puede ser considerada como un mecanismo viable para la generación de los magmas basálticos como lo indica el alto Mg# en las muestras VB 42 y 45 y las cantidades de Ni y Cr, marcándose como probables lavas primitivas, pero sin embargo existen inconsistencias, ya que también tenemos lavas máficas con bajo Mg# y bajos contenidos de Ni y Cr, por lo

que se puede pensar en mecanismos de generación combinados, tal que estos magmas asimilaron componentes corticales, cambiando su composición de quizá un magma peridotítico hacia composición basáltica y andesita basáltica.

El origen del VBSGB, es incierto, ya que es necesario realizar otros estudios, sin embargo se pueden generar las siguientes hipótesis.

1. Los procesos petrogenéticos que controlaron el origen del magma basáltico pudieran diferir de los que originaron los magmas riolíticos, ya que estos últimos pueden representar fusión parcial de la corteza inferior, acorde con la teoría de la tectónica extensional que se desarrolló en tiempo y espacio en el área. Los magmas basálticos después de su origen por fusión parcial del manto superior pueden ser relacionados hacia andesitas basálticas por medio de procesos de asimilación de corteza continental, mezcla de magmas y cristalización fraccionada. Sin embargo se hace necesario el análisis e interpretación isotópica. Estos orígenes diferentes para los magmas, pueden explicar la ausencia de rocas intermedias entre los basaltos y las riolitas en el área.

2. Otra hipótesis propuesta está ligada íntimamente con la tectónica extensiva, generándose fusión parcial de componentes corticales dando por resultado un magma félsico y, a la vez se genera un magma máfico en la parte alta del manto. Primeramente existe escape del magma félsico (Riolita Panalillo Inferior), posteriormente el magma máfico escapa hacia la corteza, mezclándose con el magma félsico y formándose un magma híbrido en una sola cámara magmática, en la cual se genera la diferenciación magmática y cristalización fraccionada, subiendo los componentes félsicos y quedando abajo los componentes máficos por su mayor densidad, el escape del magma basáltico se efectúa por fracturamiento lateral que llega hasta la parte máfica sin tocar la félsica, escapando así el magma máfico y en épocas posteriores el félsico.

3. El origen de generación del volcanismo bimodal se originó a partir de una sola cámara magmática de composición máfica, con asimilación de corteza

continental y con procesos de diferenciación magmática con cristalización fraccionada. Durante el avance de la extensión se generan fracturas por donde se expulsa primeramente la Riolita Panalillo inferior y conforme profundiza el fallamiento, se da la expulsión del magma máfico al parecer sin estacionarse en la corteza, (erupcionando primeramente las lavas marcadas como primitivas, con poca mezcla), pero si en parte mezclándose con el magma félsico y cambiando su composición; sin embargo como su salida fue muy rápida, a este magma máfico al parecer no le efecto grandemente la cristalización fraccionada, pero si tiene efectos de asimilación y de reacciones incompletas. Posteriormente se cierran las salidas del magma máfico y se da la salida del magma félsico (Riolita Panalillo miembro superior).

Tiempo posterior se reactiva el fallamiento y se genera volcanismo alcalino (tbc), señalándose con éste la tectónica extensiva en el área.

6.2. Recomendaciones

Para profundizar en el tema y llegar a conocer perfectamente el origen del VBSGB, se hace necesario realizar estudios de microsonda electrónica, para así complementar los estudios petrográficos y conocer la composición de las aureolas de las reacciones incompletas, así como el zoneamiento y composición exacta de las plagioclasas tanto en la Riolita Panalillo como en el Basalto La Placa.

En cuanto a los estudios de geoquímica, se recomienda realizar el análisis isotópico y su interpretación, para así llegar a concluir si existió asimilación de corteza y para establecer correctamente el origen del VBSGB.

7. Bibliografía.

Aguillón-Robles, A; Aranda-Gómez, J. J; y Solorio-Munguía, J. G., 1994, Geología y tectónica de un conjunto de domos riolíticos del Oligoceno medio en el sur del estado de San Luis Potosí, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 11, No.1, p. 29-42.

Aguirre-Díaz, G.J., McDowell, F. W., 1993, Nature and timing of faulting and synextensional magmatism in the southern Basin and Range, central eastern Durango, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v. 105, p. 1,435-1,444.

Aranda-Gómez, J.J., 1983, El volcanismo cenozoico en San Luis Potosí y su relación con la provincia volcánica de la Sierra Madre Occidental: *Asociación de Ingenieros de Minas Metalurgistas y Geólogos de México, Convención Nacional XV*, memoria, p. 267-287.

Aranda-Gómez, J.J., Aranda-Gómez, J.M., y Nieto Samaniego, Á.F., 1989, Consideraciones acerca de la evolución tectónica durante el Cenozoico de la Sierra de Guanajuato y la parte Meridional de la Meseta Central: *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista* v. 8, no, 1, p. 33-46.

Aranda-Gómez, J.J., y Henry, C. D., 1992, Fallamiento cuaternario cerca de la ciudad de Durango – naturaleza del período de deformación más joven relacionado a extensión multiepisódica en el noreste de México: *GEOS*, v. 12, n. 5, p. 53-54.

Aranda-Gómez, J.J., y McDowell, F. W., 1998, Paleogene extension in the southern Basin and Range Province of Mexico – Syndepositional tilting of Eocene red beds and Oligocene volcanic rocks in the Guanajuato mining district: *International Geology Review*, v. 40, p. 116-134.

Aranda-Gómez J.J., Henry-Christopher D., Luhr J.F., 2000, Evolución tectonomagmática post-paleocénica de la Sierra Madre Occidental y de la porción meridional de la provincia tectónica de Cuencas y Sierras, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. V. LIII, p. 59-71.

Atwater, T., 1970, Implications of plate tectonics for the Cenozoic tectonic evolution of western North America: *Geol. Soc. Amer., Bull.*, Vol. 81, p. 3513-3536.

Best, M. G., 2003, *Igneous and metamorphic petrology*, Blackwell Publishing company, p. 151-181

Bott, D.M., 1981, Crustal domine an the mechanisme of continental rifting. *Tectonophysics*, v. 73, p. 1-8.

Cameron, K., Cameron, M., Bagby, W.C., Moll, E. J., Drake, R.O.E., 1980, Petrologic characteristics of mid-tertiary volcanics suites, Chihuahua, Mexico: *Geology*, v. 8, p. 87-91.

Campos-Enríquez, J.O; Kerdan, T; Morán-Centeno, D.J; Urrutia-Fecugauchi, J; Sánchez-Castellanos, E; y Alday-Cruz, R; 1992, Estructura de la litosfera superior a lo largo del Trópico de Cáncer: *GEOS*. v. 12, p. 75-76.

Carey, S.W., 1958, The tectonic approach to continental drift: in *Continental drift, a symposium*, S. W. Carey, ed: Tasmania University, Geology Department., p. 177-355.

Carmichel, I.S.E., 1964, The petrology of Thingmuli, a Tertiary volcano in eastern Iceland: *Journal of Petrology*, v. 5, p. 435-460

Cook, K.L., 1965, Rift system in the Basin and Range province: in The world fifth system-International Upper Mantle Commission symposium, Ottawa. Can. Geol. Surv., Pap. 66-14, p. 246-279.

Cross, W., Iddings, J.P., Pirsson, L.V., y Washington, H.S. 1903, Quantitative classification of igneous rocks. University of Chicago Press.

Cullers R.L., Graf J.L., 1984, Rare Earth Geochemistry, P. Henderson (Ed.); Elsevier, Amsterdam, p. 275-315.

Chalot -Prat F., 1995, Genesis of rhyolitic ignimbrites and lavas from distinct sources at a deep crustal level: field, petrographic, chemical and isotopic (Sr, Nd) constraints in the Tazekka - Volcanic Complex (Eastern Morocco); Lithos. an International Journal of Mineralogy, Petrology and Geochemistry.

Christiansen. R.L., and Lipman. P.W., 1972, Cenozoic volcanism and plate -tectonic evolution of the Western United States. II, Late Cenozoic: Royal Soc. London Philos. Trans., v. 271, p. 249-284.

Edwards, J. D., 1995, Studies of some early Tertiary red conglomerates of central Mexico: U.S. Geological Survey, Professional Paper, v. 264-H, p. 153-183.

Fitton J.G., 1987, The Cameron line, West Africa, a comparison between oceanic and continental alkaline volcanism. In: Fitton, J.G., Upton, B.C.G. (Eds.), Alkaline Igneous Rocks: Geological Society of London, Special Publication 30, p. 273-291.

Fix, J.I., 1975, The crust and upper mantle of central Mexico: Geophysical Journal Royal Society. v. 43. p. 453-499.

Hamilton, W., Myers, W. B., 1966, Cenozoic tectonics of the Western United States: Rev. Geophysics., v. 5, p. 509-549.

Hamilton, W., 1969, Mesozoic California and the underflow of Pacific mantle: Geological Society of America Bulletin, v. 80, no. 12, p. 2409-2430.

Harker, A., 1909, The natural history of igneous rocks, Methuen, London.

Heinrich, E.W.M., 1972., Petrografía Microscópica, Editorial Omega, S.A., Barcelona, España, p. 49-56.

Henry, C. D., Price, J.G., 1986, Early Basin and Range development in Trans-Pecos Texas and adjacent Chihuahua - magmatism and orientation, timing, and style of extension: Journal of Geophysical Research. v. 91, no. B6, p. 6,213 - 6,224.

Henry, C.D., Aranda -Gómez, J.J., 1992, The real southern Basin and Range mid-to late Cenozoic extension in Mexico: Geology, v. 20, p. 701-704.

Huspeni J.R., Kesler S.E., Ruiz J., Tuta Z., Sutter J.F., Jones L.M., 1984, Petrology and geochemistry of rhyolites associated with tin mineralization in Northern México: Economic Geology, v. 79, p. 87-105.

Imlay, R.W., 1939, Paleogeographic studies in Northeastern Sonora; Geol Soc. Amer. Bull. Vol. 50, p. 1723-1744.

INEGI, 1971, Carta Topográfica 1:50,000 San Francisco, F 14-C 13: Secretaría de Programación y Presupuesto.

Irving, T.N., Baragar, W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks: Canadian Journal Earth Sciences, v. 8, p. 523-548.

Johannsen, A., 1947, *A Descriptive Petrography of the Igneous Rocks*, vols. I-IV, 2a. ed. University of Chicago Press.

Kay, S.M., Mpodozis, C., Ramos, V.A., Munizaga, F., 1991, Magma source variations for mid-late tertiary magmatic rocks associated with shallowing subduction zone and thickening crust in the central andes: *Geological Society of America, Special Paper*, v. 265, p. 113-137.

Kuno, H., 1966, Lateral variation of basalt magmas types across continental margins and island arcs: *Bulletin Volcanology*, v. 29, p. 195-222.

Kuno, H., 1968. Differentiation of basalt magmas. In: Hess H.H. and Poldervaart A. (eds.), *Basalts: The Poldervaart treatise on rocks of basaltic composition*, v. 2. Interscience, New York, p. 623-688.

Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M., 1978. Cartografía geológica, hoja San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto Técnico No. 59, p. 41.

Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M., 1980, Cartografía Geológica Hoja "Santa María del Río, S.L.P.": Universidad Autónoma de San Luis Potosí Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto Técnico No. 67. 32 p.

Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M., 1980 b, Cartografía Geológica Hoja San Francisco, S.L.P.: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto Técnico No. 69, 28 p.

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

Labarthe-Hernández, G., Jiménez-López L. S., 1992. Características físicas y estructura de lavas e ignimbritas riolíticas en la Sierra de San Miguelito, S.L.P. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología, Folleto Técnico No. 114, 31 p.

Labarthe-Hernández, G., De la Huerta-Cobos, L., 1998, Geología del Sernigraben de Bledos San Luis Potosí, México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología, Folleto Técnico No. 124, 33 p.

Lowell, J. D., Genik, G. J., Nelson, T. H., and Tucker, P. M., 1975, Petroleum and plate tectonics of the southern Red Sea, in Fischer A.G. and Judson. Sheldon, eds.: *Petroleum and global tectonics*; Princeton, N. J., Princeton Univ. Press. P. 129-153.

Luhr, J.F., Aranda-Gómez, J.J., Pier, J.G., 1989, Spinel-Iherzolite-bearing, quaternary volcanic centres in San Luis Potosí, Mexico. I. Geology, Mineralogy, and Petrology: *Journal of Geophysical Research*. v. 94, no. B6, p. 7,916-7940.

Luhr, J.F., Pier, J. G., Aranda-Gómez, J.J., Podosek, F., 1995, Crustal contamination in early Basin and Range hawaiiites of the Los Encinos volcanic field, central Mexico: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 118. p. 321-339.

Luhr, J.F., Henry, C. D., Housh, T.B., Aranda-Gómez, J.J., 1998, Temporal changes in mafic magmatism in the Southern Basin and Range Province of Mexico and West Texas: *EOS Transactions American Geophysical Union*, v. 79, no. 45, p. F945-F946.

Mackin, J. H., 1960a, Eruptive tectonic hypothesis for origin of Basin Range structure (abstr.): Geological Society of America, Bull., v. 12, part 2 p. 1921.

Mackin, J. H., 1960b, Structural significance of Tertiary volcanic rocks in southwestern Utah: *American Journal of Sciences*, v. 258, no. 2, p. 81-131

McDowell, F. W., and Keizer, R.P., 1977, Timing of Mid Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango city and Mazatlan, Mexico: Geological Society of America, Bulletin, v. 88, p. 1479-1487.

McKenzie, D. P., Morgan, W. J., 1969. Evolution of triple junctions: *Nature*, v. 224, p. 125-133.

Menard, H. W., 1964, Marine geology of the Pacific: McGraw-Hill, New York, 271 p.,

Ngounouno, I., Dérville, B., and Demaiffe, D., 2000, Petrology of bimodal Cenozoic volcanism of the Kapsiki plateau (Northern most Cameroon, Central Africa): *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 102 (1-2) p. 21-44

Nieto-Samaniego, Á. F., 1990, (1992). Fallamiento y estratigrafía cenozoica en la parte sudoriental de la sierra de Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, v. 9, p. 146-155.

Nieto-Samaniego, A. F., Macías-Romo C., y Alaniz-Álvarez S.A., 1996. Nuevas edades isotópicas de la cubierta volcánica cenozoica de la parte meridional de la Mesa Central, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 13, p. 117-122.

Nieto-Samaniego, Á. F., y Aranda-Gómez, J.J., 1991. Significado geológico de los sedimentos continentales del Cenozoico superior del centro de México y su representación en la quinta edición de la carta geológica de México, Convención sobre la Evolución Geológica de México y Congreso Mexicano de Mineralogía. México, Memoria. p. 136-137 (libro de resumen)

Nieto-Samaniego, Á. F., Alaniz-Álvarez, S.A., y Labarthe-Hernández, G., 1997. La deformación Cenozoica Poslaramídica en la parte meridional de la Mesa Central, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 14, no. 1. p. 13-25.

Nieto-Samaniego, A.F., Ferrari, L., Alaniz-Álvarez, S.A., Labarthe – Hernández, G. y Rosas-Elguera, J. G., 1999, Variation of Cenozoic extension and volcanism across the southern Sierra Madre Occidental volcanic province, México: Geological Society of American Bulletin, v. 111, no. 3, p. 247-363.

Nimz, G. J., Cameron, K. L., y Niemeyer, S., 1993, The La Olivina - pyroxenite suite and the isotopic compositions of mantle basalts parental to mid-Cenozoic arc volcanism of northern Mexico: *Journal of Geophysical Research*. v. 98. n. B4, p. 6,489-6,509.

Nono A., Dérville B., Demaiffe D., Kambou R., 1994, Tchabal Nganha volcano in Adamawa (Cameroon), petrology of a continental alkaline lava series. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 60, p. 147-178.

Ortega-Gutiérrez, F., Mitre-Salazar, L.M., Roldán-Quintana, J., Aranda-Gómez, J.J., Morán-Centeno, D.J., Alaniz-Álvarez, S.A., Nieto-Samaniego, Á.F., 1992. Carta geológica de la República Mexicana (5ª edición): Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología; Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Consejo de Recursos Minerales, carta geológica, escala 1:2'000.000, con texto explicativo de 74 p.

Pasquare, G., Ferrari, L., Garduño, V. H., Tibaldi, A., Vezzoli, L., 1991. Geologic map of the central sector of the Mexican Volcanic Belt, states of Guanajuato and Michoacan, Mexico: Geological Society of America Map and Chart Series MCH072, with text explicative, 20 p.

Pearce, J.A., y Cann, J.R., 1971. Ophiolite origin investigated by discriminant analysis using Ti, Zr and Y: Earth and planetary Sciences Letters, v. 12, p. 339-349.

Pearce, J.A., y Cann, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace elements analyses: Earth and planetary Sciences Letters, v. 19, p. 290-300.

Pearce, J.A., Norry M. J., 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks: Contribution of Mineralogy and Petrology, v. 69, p. 33-47.

Peccerillo, A., Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey: Contribution of Mineralogy and Petrology, v. 58, p. 63-81.

Raisz, E., 1964. Landforms of Mexico: Cambridge Mass. U.S., Office of Naval Research, Geography Branch, map with text, esc. 1: 3000000, 2a Ed.

Rickwood, P.C., 1989. Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements: Lithos. v. 22, p. 247-263.

Rivera, J., Ponce, I., 1986. Estructura de la corteza al oriente de la Sierra Madre Occidental. México. Basada en la velocidad del grupo de las ondas Rayleigh: Geofísica Internacional, v. 25, p. 383-402.

Rodríguez-Ríos, R., 1997. Caracterisation du magmatisme et des mineralisations asociés du dome de Pinos et des domes de rhyolite a topaze du Champ Volcanique de San Luis Potosí (Mexique): Université Henri Poincaré-Nancy 1, [Tesis Doctoral], no publicada, 357 p.

Rodríguez-Ríos, R., 2003. Un modelo petrogenético del vulcanismo bimodal en el campo volcánico de San Luis Potosí: Comunicación escrita, 55 p.

Rollinson, H.R., 1996. Using Geochemical Data Evaluation, Presentation, Interpretation: Logman Group UK Limited, British Library Cataloguing-in-Publication Data, 311 p.

Roberts, R.J., 1968. Tectonic framework of the Great Basin. Mo. University, Res. Journal, p. 101-119.

Ruiz, J., Parchett, P.J., y Ortega-Gutiérrez, F., 1988. Proterozoic, Phanerozoic basement terranes of Mexico from Nd isotopic study: Geological Society of America Bulletin. v. 100, p. 274-281.

Severinghaus, J., Atwater, T., 1990. Cenozoic geometry and thermal state of the subducting slabs beneath western North America, in Wernicke, B. P. ed: Basin and Range extensional tectonics near the latitude of Las Vegas, Nevada: Boulder, Colorado, The Geological Society of America, Memoir, no. 176, p. 1-22

Shawe, D.R., 1965. Strike-slip control of Basin and Range structure indicated by historical faults in western Nevada: The Geological Society of America Bulletin, v. 76, p. 1361-1378.

Slemmons, D.B., 1967. Pliocene and Quaternary crustal movements of Basin and Range province, USA: Journal of Geosciences, v. 10, p. 91-103.

Smith, D.L., Jones, R.L., 1979, Thermal anomaly in Northern Mexico, an extension of the Rio Grande Rift. In Rio Grande Rift, tectonic and magmatism, R.E., Rieckers Eds: American Geophysics Union, p. 87-106.

Steiger, R.H., and Jager, E., 1977, Sub commission on geochronology convention of the use of decay constants in geo-and Cosmo chronology: Earth and Planetary Sciences Letters, v. 36, p. 359-362.

Stewart, J. H., 1971. Basin and Range structure: A system of horsts and grabens produced by deep-seated extension: Geol. Soc. America Bull., v. 82, p. 1019-1044.

Steward, J. H., 1977, Basin-range structure in western North America: A review: Geological Society of America, Memoir 152 31 p.

Thompson, G.A., 1959, Gravity measurements between Hazen and Austin, Nevada, a study of Basin Range structure: Journal Geophys. Research, v. 64, p. 217-230.

Thompson, G.A., 1966. The rift system of the western United States: in The world rift system International Upper Mantle: Can. Geol. Surv., Pap. 66-14, p. 280-290.

Tristán-González, M., 1986, Estratigrafía y tectónica del graben de Villa de Reyes, en los estados de San Luis Potosí y Guanajuato, México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología, Folleto Técnico 107, 91 p.

Urrutia-Fucugauchi, J., Molina-Garza, R., 1992, Estructura de la corteza y el manto superior en el sector occidental del terreno Guerrero, Jalisco y Colima, México: GEOS. v. 12. p. 75.

Verma, S.P., 1984, Sr and Nd isotopic evidence for petrogénesis of mid-tertiary felsic volcanism in the mineral district of Zacatecas, Zac. (Sierra Madre Occidental), México: Isotopic Geosciences, v.2, p.37-53.

Verma, S.P., Sotelo-Rodríguez, Z.T., Torres-Alvarado, I.S., 2002, SINCLAS: Standard Igneous Norm and Volcanic Rock Classification System: Computers and Geosciences, v. 28, p. 711-715.

Waitz, P., 1926, Erupciones riolíticas ligadas con fracturas tectónicas entre Aguascalientes y San Luis Potosí: Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate, v. 26, p. 201-212.

Webber, K.L., Fernández, L.A., y Simmons, W.M.B., 1994, Geochemistry and mineralogy of the Eoceno-Oligoceno volcanic sequence, southern Sierra Madre Occidental, Juchipila, Zacatecas, México: Geofísica Internacional (México), v. 33, p 77-89.

Wernicke, B.P., Christiansen, R.L., England, P.C. y Sonder, L.J., 1987, Tectonomagmatic evolution of Cenozoic extension in the North American Cordillera, in Coward, M. P., Dewey, J. F. y Hancock, L. eds. Continental Extensional Tectonics: Geological Society, Special Publication, no.28, p. 203-221

Wright, T.L., 1974. Presentation and interpretation of chemical data for igneous rocks. Contrib. Mineral. Petrol., 48, p. 233-248.

Zoback, M.L., Thompson, G.A., 1978, Basin and Range rifting in Northern Nevada, clues from a Mid-Miocene rift and its subsequent offsets: Geology, v. 6, p. 11-116.

ANEXOS

ANEXO 8.2.

**PETROGRAFÍA DEL VOLCANISMO BIMODAL DEL
ÁREA DE BLEDOS, S.L.P.**

8.2.1. Petrografía de las muestras de la Riolita Panalillo (Trp)

1.1. Muestra VB 27 (trp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí
NÚMERO DE MUESTRA: VB-27 NÚMERO DE LÁMINA: VB-27
DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Riolita Panalillo (Trp).

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA)

Roca de coloración: Rojiza, blanquecina (rosácea)

Estructura: Densa, compacta.

Dureza : Dura, no la raya la navaja.

Textura: Fanerítica, con fenocristales en matriz afanítica, formando la textura porfiritica, vesicular, esferulítica, amigdaloides.

Mineralogía: Contiene fenocristales de cuarzo, feldespatos, esferulitas y amígdalas rellenas de probablemente sílice criptocristalina, vidrio volcánico con algo de óxidos de hierro formando la matriz.

Otras características: Tiene vesículas y amígdalas características de ésta roca.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva de probable composición riolítica.

DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA

TEXTURA

De roca piroclástica; fragmentada, esferulítica, vesicular, amigdaloides. Con fragmentos de cristales y esferulitas en cementante vítreo, los cristales y vesículas son de formas y de tamaños variables.

Los fragmentos de cristales varían de 0.119 a 0.761 – 0.94 y hasta 2.653 mm de los más pequeños a los más grandes, por lo cual en tamaño están entre el polvo volcánico a la ceniza gruesa, correspondiendo con el tamaño de la toba a la toba grosera, predominan los de tamaño entre 0.761 a 0.94 mm. Son de formas subrodadas, subangulosas y hasta angulosas (con algunos cristales euhedrales), de calibre moderado a malo, con porosidad y permeabilidad baja a moderada, cementados en vidrio volcánico de probable composición félsica, el cual normalmente está desvitrificado.

Las esferulitas y amígdalas varían en tamaños y formas, las más regulares son de tamaños variando entre 1.02 a 1.32 mm y más grandes; tiene abundantes de formas irregulares que no se pueden medir correctamente.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene fragmentos de cristales de cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasa, así como vidrio volcánico, sílice criptocristalina, algunos minerales metálicos, algo de óxidos de hierro y abundantes vesículas.

Fragmentos de:

Cuarzo

Son de formas angulosas a subrodadas, de tamaños que varían principalmente entre 0.76 a 0.94 mm y hasta aproximadamente 2.6 mm, en general los fragmentos están sanos en cuanto a alteración, pero están fracturados, normalmente se ven asociados únicamente con el cementante vítreo y en raras ocasiones se asocian mismos cuarzos y a escasamente a los feldespatos alcalinos; en ocasiones alguno de los lados o cara de los fragmentos, inicia o se limita el crecimiento de alguna amígdala.

En ocasiones se ven como si los minerales del cementante estuvieran penetrando hacia los fragmentos cristalinos asimilándolos.

Escasamente los fragmentos de los cristales de cuarzo tienen macla de carlsbad y algunas microinclusiones o crecimientos dentro de ellos al parecer de biotita. En cantidad como fragmentos hacen aproximadamente el 30 % del contenido mineral en la muestra.

Plagioclasas

Están igualmente en fragmentos al igual que el cuarzo, tienen formas subangulosas, con maclas de la albita y albita carlsbad, están fracturadas, rotas, con débil alteración en su superficie, son de tamaños menores a 1 mm, en cantidad hacen quizá el 3% del contenido mineral en la muestra. Se determinaron como andesina, con ángulos de extinción variando entre los 23 a los 27 grados, en la línea de alta temperatura.

Feldespatos alcalinos

Se observan en fragmentos de formas angulosas a subredadas, algunos cristales de sanidino son de formas euhedrales, generalmente están fracturados y rotos, son de tamaños como los descritos en la textura, de hasta de 2.65 mm, no presentan alteración en su superficie, escasamente se llegan a encontrar algunos fragmentos con macla de carlsbad, se identificaron como sanidino. Normalmente están en cristales individuales asociados a los minerales del cementante, sin embargo en ocasiones se asocian entre ellos y escasamente con cuarzo y al igual que éste, llegan a servir como pared para inicio o terminación de alguna amígdala. En cantidad hacen aproximadamente el 10 % del contenido mineral en la muestra.

Minerales máficos

Se observaron escasos minerales máficos, quizá están oxidados.

Minerales metálicos

Contiene fragmentos de minerales metálicos de formas irregulares, se encuentran principalmente distribuidos entre el cementante vítreo y algunos creciendo dentro de los fragmentos de los cristales. En cantidad hacen menos del 5 % del contenido mineral en la muestra. Algunos de los asociados a los fragmentos de cristales, tienen atrapados pequeños cristales al parecer de ζ olivino?

Esferulitas, vesículas y amígdalas

Son de diferentes formas y tamaños, son escasas las que son de formas esféricas, predominan las de formas irregulares (reellenos irregulares). Normalmente están rellenas de sílice micro a criptocristalina con estructura de agregados plumosos, fibroso radiales a microgranulares. Se encuentran distribuidas en toda la muestra, principalmente entre el cementante y en ocasiones creciendo o terminando su crecimiento en alguna cara o lado de los fragmentos de cristales. En ocasiones se llegan a observar algunos fragmentos de cristales de cuarzo o de feldespato atrapados o englobados en las esferulitas. En cantidad hacen aproximadamente el 25 % del contenido en la muestra. Las vesículas son escasas, normalmente están rellenas, convirtiéndose en amígdalas, las cuales llegan a formar los llamados huevos de trueno.

Cementante

El resto del porcentaje (25 al 30 %) está ocupado por el cementante, el cual está compuesto por una combinación de vidrio volcánico, moderada a fuertemente desvitrificado hacia cuarzo y feldespatos de tamaños microcristalinos (microgranudos) y a sílice criptocristalina, con fuerte soldamiento, además combinada con microlitos de minerales máficos fuertemente alterados hacia óxidos de hierro, los cuales le dan coloración rojiza a la roca.

Fragmentos de roca

Al parecer contiene escasos fragmentos irregulares de roca, los cuales ζ parecen ser de agregados de microlitos de plagioclasas?

PETROGÉNESIS (ORÍGEN. MIN. METAMÓRFICOS. DEUTÉRICOS. HIDROTERMALES)

Roca ígnea piroclástica con fragmentos de tamaño variando de la toba a la toba grosera, de composición félsica. "Toba cristalovítrea de composición riolítica", según la clasificación de Johannsen. Normalmente descrita en la bibliografía como ignimbrita riolítica.

1.2. Muestra VB 28 (Trp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.

NÚMERO DE MUESTRA: VB-28 NÚMERO DE LÁMINA: VB-28

DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Riolita Panalillo (Trp)

DESCRIPCIÓN MEGASCÓPICA (COLOR. TEXTURA Y MINERALOGÍA).

Roca de coloración: Grisáceo rojizo (crema).

Estructura: Densa, compacta.

Dureza: Dura, no la raya la navaja.

Textura: Fragmentada, cristales y fragmentos del tamaño de polvo volcánico fino a mediano (tobáceo), pseudoestratificada, semigraduada.

Mineralogía: Contiene fragmentos de cristales de cuarzo, feldespatos, pómez sin colapsar, están alineados dando la apariencia de pseudoestratificación, con cementante principalmente vítreo.

Otras características: Tiene horizontes graduados, de fragmentos de cristales en la parte baja, cambiando hasta vidrio volcánico vesicular en la cima, con pseudoestratificación.

Clasificación probable: Probablemente se trata de una toba, ¿de probable composición riolítica?.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

TEXTURA

De roca piroclástica; fragmentada, con fragmentos de cristales y pómez en cementante vítreo, los fragmentos son de tamaños variables, los de cristales varían de 0.095 a 0.595 y hasta 1.25 mm de los más pequeños a los más grandes (polvo volcánico a ceniza gruesa, lo cual corresponde con el tamaño toba a toba grosera).

Son de formas subrodadas, subangulosas y hasta angulosas (con algunos cristales euhedrales), son de calibre moderado a malo, con porosidad y permeabilidad de baja a moderada, cementados en vidrio volcánico de probable composición félsica, el cual en zonas está débil a moderadamente desvitrificado.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene

Fragmentos de cristales de cuarzo, de feldespato alcalino, de plagioclasa, así como vidrio volcánico, sílice criptocristalina, algunos minerales metálicos y vesículas.

Fragmentos de:

Cuarzo

Son de formas angulosas a subrodadas, de tamaños que varían entre 0.09 mm hasta aproximadamente 2.2 mm. Los fragmentos mayores están sanos en cuanto a alteración, pero están fracturados, se encuentran asociados entre ellos y con los minerales del cementante (vidrio volcánico), en ocasiones se ven como si los minerales del cementante estuvieran penetrándolos, asimilándolos. En cantidad como fragmentos hacen entre el 10 al 12 % del contenido mineral en la muestra.

Plagioclasas

Están igualmente en fragmentos al igual que el cuarzo, tienen formas subangulosas. con maclas de la albita y albita carlsbad, están fracturadas, rotas, con débil alteración, son de tamaños parecidos a los del cuarzo, en cantidad hacen menos del 5% del contenido mineral en la muestra. Se determinaron como labradorita, con ángulos de extinción variando entre los 35 a los 38 grados, en la línea de alta temperatura.

Feldespatos alcalinos

Se observan en fragmentos de formas angulosas a subredadas, algunos cristales son de formas euhedrales, están fracturados, algunos rotos, son de tamaños desde 0.09 mm hasta de 1.25 mm, no presentan alteración, escasamente se llegan a encontrar algunos fragmentos con macla de carlsbad, se identificaron como sanidino, en cantidad hacen aproximadamente el 10 % del contenido mineral en la muestra.

Minerales máficos

No se observaron minerales máficos.

Minerales metálicos

Contiene fragmentos de minerales metálicos de formas irregulares y de aguja, se encuentran principalmente distribuidos entre el cementante vítreo. En cantidad hacen menos del 5 % del contenido mineral en la muestra.

De roca

Contiene muy escasos fragmentos de roca, al parecer tobácea de composición félsica, ya que tienen fragmentos de cuarzo y feldespatos microcristalinos. Los fragmentos son de formas irregulares, tienen tamaños variando de 1.36 mm a más pequeños, quizá están en el 2 a 3 % del contenido de la muestra.

Cementante

El resto del porcentaje está ocupado por el cementante, el cual está compuesto por una combinación de vidrio volcánico, algo de cuarzo y feldespatos microcristalinos, minerales metálicos, escasos óxidos de hierro, minerales de la arcilla y sílice criptocristalina. Estos cementan a los fragmentos de minerales y de roca. El vidrio está débil a moderadamente desvitrificado, hacia minerales microcristalinos de cuarzo, feldespatos? y sílice criptocristalina.

Además se observa que el cementante tiene alineación paralela en sus componentes, dándole a la roca aspecto de pseudoestratificación.

Pequeñas vesículas

Tiene pequeñas vesículas, las cuales son de formas irregulares, se observan principalmente en la terminación de cada pseudoestrato (¿en la cima de cada uno de ellos?) y en el inicio del subsiguiente; estos pseudo estratos se notan por la presencia de los cristales más grandes en la base y disminuyen su tamaño hacia la cima (pseudoestratificación graduada)

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMÓRFICOS, DEUTÉRICOS, HIDROTERMALES)

Roca ígnea piroclástica con fragmentos de tamaño variando de la toba a la toba grosera, de composición félsica "Toba vítreo cristalina de composición riolítica", según la clasificación de Johannsen. "Es de llamar la atención, los fragmentos de plagioclasa de la composición de la labradorita".

1.3. Muestra VB 30 (trp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.

NÚMERO DE MUESTRA: VB-30 NÚMERO DE LÁMINA: VB-30

DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Riolita Panalillo (Trp).

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA)

Roca de coloración: Rojiza, con zonas verdosas.

Estructura: Densa, compacta.

Dureza: Dura, no la raya la navaja.

Textura: Fragmentada, fragmentos de cristales y de roca, del tamaño de polvo volcánico a lapilli (toba de lapilli?).

Mineralogía: Contiene fragmentos de roca y de cristales de diferentes composiciones en cementante principalmente vítreo de color blanquecino rojizo.

Otras características: Tiene fragmentos de roca de diferentes formas y tamaños, desde lapilli (6.5 mm) hasta el tamaño del polvo volcánico.

Clasificación probable: ¿Probablemente se trata de una toba cristalina vítrea, de composición riolítica?.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

TEXTURA

De roca piroclástica: fragmentada, en lo general rota (los fragmentos están fracturados), con fragmentos de rocas y cristales en cementante vítreo. Los fragmentos son de tamaños variables, los de roca varían de entre 0.14 mm a 0.54, 1.20 y hasta 6.05 mm. Los más abundantes son los de tamaño entre 1 a 2 mm, los fragmentos de cristales varían en tamaño de 0.04, 0.26, 0.55 a 1.35 mm y poco más grandes, predominando los de entre 0.25 a 0.55 mm. Por el tamaño de los fragmentos se clasifican entre el polvo volcánico, ceniza gruesa y hasta el lapilli, lo cual corresponde con el tamaño de la toba a toba gruesa y de lapilli.

Son de formas subangulosas a angulosas, de calibrado malo, con porosidad y permeabilidad moderada, cementados en vidrio volcánico de probable composición félsica.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene:

Fragmentos de rocas y de cristales

Los fragmentos de roca son de diferentes composiciones, los de cristales son de cuarzo, feldespato, plagioclasa, probables minerales máficos, vidrio volcánico, óxidos de hierro y algunos minerales metálicos

Fragmentos de rocas:

Son de diferentes tamaños y composiciones. En tamaño varían desde 0.14 hasta 6.5 mm, los más abundantes en la muestra son los que varían en tamaño entre 1 a 2 mm.

La composición de los fragmentos es también variable, algunos son de agregados en mosaico de cuarzo-feldespato microgranulares, otros son de composición parecida pero de grano más grueso, otros iguales con algo de máficos y óxidos de hierro, otros con abundantes microlitos de plagioclasas y óxidos de hierro quizá de oxidación de minerales metálicos y máficos (probablemente de una roca de composición intermedia a máfica) y al parecer contiene además algunos de una ¿arenisca? y algunos otros de pumicita (pómez). El contenido de fragmentos de roca en la muestra es de aproximadamente el 20 % del total mineral.

Fragmentos de minerales:

Cuarzo

Son fragmentos de formas angulosas a subangulosas, de tamaños que varían entre 0.04 mm hasta aproximadamente 1.35 mm, los fragmentos mayores están fuertemente fracturados internamente (con crenulación interna), en general están sanos sin alteración superficial, en ocasiones tienen macla de Carlsbad, asociados únicamente con los minerales del cementante (vidrio volcánico), en cantidad hacen aproximadamente el 10 % del contenido mineral en la muestra. Además el cuarzo se observa en los fragmentos de roca que están formados principalmente de cuarzo microcristalino como ya se nombro anteriormente.

Plagioclasas

Están igualmente en fragmentos al igual que el cuarzo, tienen formas subangulosas. con maclas de la albita y albita Carlsbad, fracturadas, rotas, sin alteración, de tamaños variando entre los 0.26 a los 0.55 mm, en cantidad hacen escasamente el 3% del contenido mineral en la muestra. Al parecer se trata de oligoclasa, con ángulos de extinción pequeños, variando entre los 8 a los 10 grados. Contiene algunos fragmentos de plagioclasas con crecimientos de cuarzo vermicular y con microestructura mirmequítica.

Feldespato alcalino

Se observan en fragmentos de formas angulosas a subangulosas, algunos cristales de tamaño de poco más de 1 mm, tienden a presentar formas euhedrales, en general se ven fracturados, rotos internamente, de tamaños en general que van desde 0.04 hasta de 1.3 mm, no presentan alteración. escasamente se observan maclas (Carlsbad), se identificaron como sanidino. en cantidad hace entre el 10 al 12 % del contenido mineral en la muestra.

Minerales máficos:

Se observan escasos minerales máficos, identificados como principalmente biotita. Es muy probable que contenga algunos máficos alterados completamente a óxidos de hierro?, en cantidad hacen entre el 1 al 2 % del contenido mineral en la muestra.

Minerales metálicos:

Contiene escasos fragmentos de minerales metálicos que se encuentran diseminados y asociados con los minerales del cementante, normalmente alterados hacia óxidos de hierro, algunos fragmentos de roca contienen mayor abundancia de metálicos, normalmente alterados por oxidación. En cantidad hacen menos del 1 %.

Al parecer contiene escasamente algún fragmento de lo que parece ser un feldespatoide (¿nefelina?), con figura uniaxial negativa.

Cementante

El resto del porcentaje (50 al 55 %) lo hacen los minerales del cementante. El cual esta compuesto principalmente de vidrio volcánico, del cual se ven pequeños fragmentos de pómez, así como esquirlas de formas irregulares y con escasos contenidos de minerales de la arcilla y óxidos de hierro. Estos cementan a los fragmentos de minerales y de roca.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMÓRFICOS, DEUTÉRICOS, HIDROTERMALES)

Roca ígnea piroclástica con fragmentos de roca y de cristales, variando entre la toba a la toba grosera y con escasos fragmentos del tamaño del lapilli, es de composición félsica, riolítica, según la clasificación de Johannsen es una toba lúlico - cristalina con cementante vítreo.

1.4. Muestra VB 32 (trp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.
NÚMERO DE MUESTRA: VB-32 NÚMERO DE LÁMINA: VB-32
DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Riolita Panalillo (Trp).

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA)

Roca de coloración: Rojiza.

Estructura: Densa, compacta.

Dureza: Dura, no la raya la navaja.

Textura: Fragmentada, cristales y fragmentos del tamaño de polvo volcánico fino a mediano (tobáceo).

Mineralogía: Contiene fragmentos de cristales de diferentes composiciones en cementante principalmente vítreo de color rojizo.

Otras características: Tiene vesículas de diferentes formas y tamaños.

Clasificación probable: ¿Probablemente se trata de una toba de composición riolítica?

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

TEXTURA

De roca piroclástica; fragmentada, con fragmentos de roca y de cristales en cementante vítreo. Los fragmentos son de tamaños variables. los de roca varían de entre 0.1 mm a 0.49 y hasta 1.011 mm, los de cristales varían de 0.02 a 0.03 mm los más pequeños y hasta 0.87 mm los más grandes (polvo volcánico a ceniza gruesa, lo cual corresponde con el tamaño de la toba a la toba grosera). Son de formas subangulosas a angulosas, de calibrado moderado a malo, cementados en vidrio volcánico de probable composición félsica.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene Fragmentos de cristales de cuarzo, feldespato, plagioclasa, vidrio volcánico, sílice criptocristalina, óxidos de fierro y algunos minerales metálicos.

Fragmentos de:

Cuarzo

Son de formas angulosas a subangulosas, de tamaños que varían entre 0.029 mm hasta aproximadamente 0.5 mm, los fragmentos mayores están fracturados, sanos en cuanto a alteración, asociados al parecer únicamente con los minerales del cementante (vidrio volcánico), en cantidad hacen aproximadamente el 15 % del contenido mineral en la muestra.

Plagioclasas

Están igualmente en fragmentos y al igual que el cuarzo, tienen formas subangulosas, con extinción ondulante, con maclas de la albita y albita carlsbad, están fracturadas, rotas, sin alteración, sus tamaños son parecidos a los del cuarzo, en cantidad hacen entre el 10 al 15% del contenido mineral en la muestra. Al parecer es oligoclasa, con ángulos de extinción variando entre los 8 a los 10 grados.

Feldespato alcalino

Se observa en fragmentos de formas angulosas a subangulosas, fracturados rotos, de tamaños desde 0.03 mm hasta de 1.01 mm, no presentan alteración, ni maclas, al parecer es sanidino, en cantidad hacen aproximadamente el 10 % del contenido mineral en la muestra.

Minerales máficos

No se observan minerales máficos, probablemente tiene algunos alterados completamente a óxidos de hierro?, que pudieran confundirse fácilmente con minerales metálicos.

Minerales metálicos

Contiene fragmentos de minerales metálicos que se confunden fácilmente con los óxidos de hierro, por lo cual no es posible determinar su cantidad.

Fragmentos de roca

Son fragmentos de formas irregulares que tienen tamaños variando entre 0.49 a 1.01 mm, se distingue que están compuestos únicamente de sílice criptocristalina, en ocasiones asociada con algo de óxidos de hierro. Quizá se llega a notar algún feldespatos (sanidino?), por lo que se interpreta que son de composición félsica. En cantidad son escasos, quizá están en el 5 % del contenido de la muestra.

Cementante

El resto del porcentaje ocupado por minerales lo hace el cementante, el cual es una combinación de minerales metálicos, óxidos de hierro y vidrio volcánico, estos cementan a los fragmentos de minerales y de roca. Además contiene escasamente pequeñas vesículas y amígdalas de formas irregulares.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMÓRFICOS, DEUTÉRICOS, HIDROTERMALES)

Roca ígnea piroclástica con fragmentos variando entre la toba a la toba grosera, de composición muy probablemente félsica, quizá riolítica a cuarzolítica, según la clasificación de Johansen.

1.5. Muestra VB 33 (trp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.

NÚMERO DE MUESTRA: VB-33 NÚMERO DE LÁMINA: VB-33

DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Riolita Panalillo (Trp).

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA).

Roca de coloración: Rojiza a rosácea.

Estructura: Densa, compacta.

Dureza: Dura, no la raya la navaja.

Textura: Fanerítica, con fenocristales rotos, los fragmentos están en matriz afanítica, además tiene vesículas y amígdalas.

Mineralogía: Contiene fenocristales de cuarzo, feldespatos, vesículas y amígdalas rellenas de probablemente sílice criptocristalina, vidrio volcánico con óxidos de hierro formando la matriz.

Otras características: Tiene vesículas y amígdalas características de ésta roca.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva, piroclástica de composición riolítica.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

TEXTURA

De roca piroclástica; esferulítica, fragmentada, vesicular amigdaloides, con fragmentos de rocas, cristales y amígdalas (esferulitas) en cementante vítreo, el cual está en agregados bandeados y fluidales, formando la textura eutaxítica. Los cristales y vesículas son de formas y de

tamaños variables. Los fragmentos de cristales varían en tamaño de 0.071, 0.523, 1.24 y hasta 2.33 mm de los más pequeños a los más grandes.

Los fragmentos de roca están subrodados a rodados, son de tamaños de 1 a 2 mm. las esferulitas al parecer eran de formas subredondeadas a redondeadas, de tamaños igualmente variando de menos de 1 mm hasta poco más de 2 mm, en la muestra se encontraron únicamente fragmentos, son muy escasas las que están relativamente completas. Los fragmentos en general varían en tamaño entre el polvo volcánico a la ceniza gruesa, correspondiendo con el tamaño de la toba a la toba grosera, predominando los de tamaño entre 0.523 a 1.24 mm, en general tienen formas subrodadas, a subangulosas, aunque algunos cristales completos son de formas euhedrales, el calibrado en lo general es de moderado a malo, con porosidad y permeabilidad baja a moderada, cementados en vidrio volcánico en agregados eutaxíticos, de probable composición félsica, el cual normalmente está desvitrificado.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene

Fragmentos de cristales de cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasa, así como de vidrio volcánico, sílice criptocristalina, algo de minerales metálicos, algunos óxidos de fierro y abundantes esferulitas.

Fragmentos de:

Cuarzo

Son fragmentos de formas angulosas a subrodadas, de tamaños que varían principalmente entre 0.52 a 1.2 mm y hasta aproximadamente 2.3 mm, en general los fragmentos están sanos en cuanto a alteración, pero están fracturados. Normalmente los fragmentos de cuarzo se ven asociados únicamente con el cementante vítreo y en raras ocasiones se asocian mismos cuarzos y escasamente se asocian a los feldespatos alcalinos y a la escasa plagioclasa; en ocasiones alguno de los lados o cara de los fragmentos, inicia o limita el crecimiento de alguna amígdala. En algunos de los fragmentos se ven como si los minerales del cementante estuvieran penetrando hacia ellos asimilándolos y en otras existe algo de vidrio creciendo dentro de los fragmentos de cuarzo. En raras ocasiones los fragmentos de los cristales de cuarzo llegan a tener macla de carlsbad y otras veces pareciera que los fragmentos están dentro de amígdalas. En cantidad como fragmentos hacen aproximadamente el 15 % del contenido mineral en la muestra.

Plagioclasas

Están igualmente en fragmentos al igual que el cuarzo, son de formas subangulosas, con maclas de la albíta y albíta carlsbad, están fracturadas, rotas, con débil alteración en su superficie, son de tamaños menores a 1 mm, en cantidad hacen quizá el 1% del contenido mineral en la muestra, están normalmente asociadas con cuarzo y con minerales del cementante. Se determinaron como oligoclasa, con ángulos de extinción variando entre los 17 a los 19 grados, en la línea de alta temperatura.

Feldespato alcalino

Se observan en fragmentos de formas angulosas a subrodadas, algunos cristales de sanidino son de formas euhedrales. Generalmente están fracturados, rotos y en ocasiones se ven como si estuvieran siendo asimilados por los minerales del cementante, el cual se ve penetrando hacia ellos. Algunas de las fracturillas que presentan, están rellenas por sílice microcristalina, la cual está limitada únicamente a los cristales y fragmentos, sin salir hacia el cementante. Los fragmentos son de todos los tamaños descritos en la textura, llega a ser de hasta 2.33 mm, no presentan alteración en su superficie, se llegan a encontrar algunos fragmentos con macla de carlsbad, se identificaron como sanidino. Normalmente están en cristales individuales asociados a los minerales del cementante, sin embargo en ocasiones se asocian entre ellos y escasamente con cuarzo y al igual que éste, llegan a servir como pared para inicio o terminación de alguna esferulita y en ocasiones dan la apariencia de que están dentro de la misma. En cantidad hacen aproximadamente el 25 % del contenido mineral en la muestra.

Minerales máficos

Se observaron escasos minerales máficos, los cuales están oxidados, se asocian con los feldespatos y con los minerales del cementante.

Minerales metálicos

Contiene fragmentos de minerales metálicos de formas de aguja e irregulares, se encuentran principalmente distribuidos entre el cementante vítreo y algunos creciendo dentro de los fragmentos de los cristales y en los máficos alterados, son de tamaños normalmente muy pequeños. En cantidad hacen menos del 5 % del contenido mineral en la muestra.

Vesículas y amígdalas (esferulitas)

Son de diferentes formas y tamaños, son raras las de formas esféricas, predominan las de formas irregulares (reellenos irregulares). Normalmente están rellenas de sílice micro a criptocristalina o de crecimientos mixtos de sílice con feldespato alcalino, en agregados plumosos, fibrosoradiales y microgranulares; se encuentran distribuidas en toda la muestra, principalmente entre el cementante y en ocasiones creciendo o terminando su crecimiento en alguna cara o lado de los fragmentos de cristales. En ocasiones se llegan a observar algunos fragmentos de cristales de cuarzo o de feldespato atrapados en estas amígdalas (englobados). En cantidad hacen aproximadamente el 25 % del contenido en la muestra. Normalmente la muestra no contiene vesículas ya que están rellenas, convirtiéndose en amígdalas, las cuales en ocasiones llegan a formar los llamados huevos de trueno.

Fragmentos de roca

Al parecer contiene algunos fragmentos irregulares de roca, los cuales tienden a ser de la misma composición de la toba descrita?.

Cementante

El resto del porcentaje (25 al 30 %) está ocupado por el cementante, el cual está compuesto por vidrio volcánico, combinado con minerales metálicos diminutos, en su mayoría oxidados, normalmente el cementante está en forma de flujos y bandas, formando la textura eutaxítica y en zonas está moderada a fuertemente desvitrificado hacia cuarzo y feldespatos, de tamaño microcristalino (microgranudos) y a sílice criptocristalina, con fuerte soldamiento.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMÓRFICOS, DEUTÉRICOS, HIDROTERMALES)

Roca ígnea piroclástica con fragmentos de tamaño variando de la toba a la toba grosera, de composición félsica. "Toba cristalovítrea esferulítica de composición riolítica", según la clasificación de Johannsen. Normalmente descrita en la bibliografía como ignimbrita riolítica.

1.6. Muestra VB 36 (trp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.

NÚMERO DE MUESTRA: VB-36 NÚMERO DE LÁMINA: VB-36

DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Riolita Panalillo (trp)

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA).

Roca de coloración: Rojiza, rojo intenso, con algunas zonas blanquecinas.

Estructura: Densa, compacta.

Dureza: Dura, no la raya la navaja.

Textura: Fanerítica, con fenocristales en matriz afanítica, formando la textura Porfirítica, vesicular, esferulítica, amigdalóide.

Mineralogía: Contiene fenocristales de cuarzo, feldespatos, esferulitas, vesículas y amígdalas rellenas de probablemente sílice criptocristalina. Tiene vidrio volcánico con óxidos de hierro formando la matriz.

Otras características: Tiene señales características de soldamiento.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva, quizá piroclástica, de composición riolítica.

DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA

TEXTURA

De roca piroclástica; fragmentada, vesicular, esferulítica, amigdalóide, con fragmentos de cristales y esferulitas en cementante vítreo (desvitrificado), los cristales y vesículas son de formas y de tamaños variables.

Los fragmentos de cristales varían en tamaños desde 0.05, 0.08, 0.41, 0.5 y hasta 1.01 mm, de los más pequeños a los más grandes, por lo cual varían en tamaño entre el polvo volcánico a la ceniza gruesa, correspondiendo con el tamaño de la toba a la toba grosera. Predominan los de tamaño entre 0.41 a 0.5 mm. Son de formas subrodadas, subangulosas y hasta angulosas (algunos cristales tendiendo a ser euhedrales), tienen calibrado moderado a malo, con porosidad y permeabilidad baja a moderada, cementados en vidrio volcánico de probable composición félsica, el cual normalmente está desvitrificado.

Las vesículas, amígdalas y esferulitas, varían en tamaños y formas, son de tamaños variando entre 0.15 a 0.41 mm, las más abundantes y tiene algunas de tamaños más grandes: las de formas irregulares son abundantes, por lo que no se pueden medir correctamente. El vidrio en zonas está en bandeados fluidales, formando la textura eutaxítica.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene

Fragmentos de cristales de cuarzo, de feldespato alcalino, de plagioclasas, escasos máficos. Además contiene vidrio volcánico, sílice criptocristalina, minerales metálicos, óxidos de hierro, vesículas, amígdalas y esferulitas.

Fragmentos de:

Cuarzo

Son de formas angulosas a subrodadas, de tamaños que varían principalmente entre 0.4 a 0.5 mm y hasta aproximadamente 1.01 mm, en general son fragmentos sanos en cuanto a alteración, pero están fracturados, los más grandes están como con crenulación, normalmente se ven asociados únicamente con el cementante vítreo y en raras ocasiones se asocian mismos cuarzos; ocasionalmente alguno de los lados o cara de los fragmentos, inicia o limita el crecimiento de alguna vesícula. En algunos fragmentos de estos cristales, se ve como si los minerales del cementante estuvieran penetrándolos y asimilándolos.

En ocasiones los fragmentos de los cristales de cuarzo tienen macla de Carlsbad y llegan a tener crecimientos dentro de ellos, de sílice criptocristalina fibroso-radial, igual que la que rellena las esferulitas, la cual penetró hacia el cristal por microfisuras, por lo que se interpreta que ésta sílice es de depositación posterior a los cristales. En cantidad como fragmentos de cristales, hacen aproximadamente el 10 % del contenido mineral en la muestra.

Plagioclasas

Están igualmente en fragmentos al igual que el cuarzo, tienen formas subangulosas. con maclas de la albita y albita Carlsbad, están fracturadas, rotas, con débil alteración en su superficie, son de tamaños menores a 0.5 mm, en cantidad hacen quizá el 3% del contenido mineral en la muestra. Se determinaron como andesina, con ángulos de extinción variando entre los 23 a los 27 grados, en la línea de alta temperatura.

Feldespatos alcalinos

Se observan en fragmentos de formas angulosas a subredondas, algunos cristales son de formas tendiendo a ser euhedrales, generalmente están fracturados y rotos, son de tamaños como los descritos en la textura, de hasta de 1.01 mm, no presentan alteración en su superficie, escasamente se llegan a encontrar algunos fragmentos con macla de Carlsbad, se identificaron como sanidino. Normalmente están en cristales individuales asociados a los minerales del cementante, sin embargo ocasionalmente se asocian entre ellos y escasamente con cuarzo y al igual que éste, llegan a servir como pared para inicio o terminación de alguna vesícula. Así mismo, se llega a observar a los minerales de la matriz asimilándolos. Algunos fragmentos se ven rodeados en su superficie, como por una corona de al parecer sílice microcristalina en agregados en mosaico. En cantidad los feldespatos alcalinos hacen aproximadamente el 10 % del contenido mineral en la muestra.

Minerales máficos

Se observaron escasos minerales máficos, quizá piroxenos u olivino en proceso de oxidación avanzada, en cantidad hacen menos del 1 %

Minerales metálicos

Contiene fragmentos de minerales metálicos de formas irregulares, se encuentran principalmente distribuidos entre el cementante vítreo y algunos creciendo dentro de los fragmentos de los cristales. En general están oxidados y le dan coloración rojiza a la roca. En cantidad hacen entre el 5 al 10 % del contenido mineral en la muestra.

Vesículas, amígdalas y esferulitas

Son de diferentes formas y tamaños, son escasas las vesículas, amígdalas y esferulitas de formas esféricas, predominan las de formas irregulares (reellenos irregulares). Normalmente están rellenas de sílice micro a criptocristalina, la criptocristalina está en agregados plumosos y fibroso radiales y la microcristalina es microgranular en agregados en mosaico, se encuentran distribuidas en toda la muestra, principalmente entre el cementante y en ocasiones creciendo o terminando su crecimiento en alguna cara o lado de los fragmentos de cristales.

Mucha de la sílice microcristalina se generó por desvitrificación. En cantidad hacen aproximadamente el 25 % del contenido en la muestra, siendo más abundantes las vesículas, siguiendo las que están rellenas convirtiéndose en amígdalas, y son muy escasos los fragmentos de esferulitas, aunque se llega a encontrar algún fragmento de esferulita de tamaño aproximado a 1 mm.

Cementante

El resto del porcentaje (40 al 45 %) está ocupado por el cementante, el cual está compuesto por una combinación de vidrio volcánico y óxidos de hierro. El vidrio está moderadamente fuertemente desvitrificado hacia cuarzo y feldespatos, microcristalino, microgranular y escasamente a sílice criptocristalina, tiene soldamiento moderado a alto. Además el vidrio se combina con minerales metálicos fuertemente alterados hacia óxidos de hierro, los cuales le dan coloración rojiza a la roca.

Fragmentos de roca

Al parecer contiene algunos fragmentos irregulares de roca, los cuales parecen ser de también composición félsica.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMÓRFICOS, DEUTÉRICOS, HIDROTERMALES).

Roca ígnea piroclástica con fragmentos de tamaño variando de la toba a la toba grosera, de composición félsica. "Toba vítreo cristalina de composición riolítica", vesicular, esferulítica, amigdaloides, según la clasificación de Johannsen. Normalmente es descrita en la bibliografía como una toba (soldada) ignimbrítica riolítica.

1.7. Muestra VB 38 (Trp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.

NÚMERO DE MUESTRA: VB-38 NÚMERO DE LÁMINA: VB-38

DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Riolita Panalillo (Trp).

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA)

Roca de coloración: Rojiza, con tono rosáceo.

Estructura: Densa, compacta.

Dureza: Dura, no la raya la navaja.

Textura: Fanerítica, con fenocristales en matriz afanítica, formando la textura Porfirítica.

Mineralogía: Contiene fenocristales de cuarzo, feldespatos, plagioclasas, minerales máficos fuertemente oxidados y vidrio volcánico formando la matriz o cementante.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva, quizá piroclástica, de composición riolítica.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

TEXTURA

De roca piroclástica; fragmentada, esferulítica, amigdaloides, con fragmentos de cristales y esferulitas en cementante vítreo (desvitrificado), los cristales esferulitas y amígdalas son de formas y de tamaños variables.

Los fragmentos de cristales varían en tamaños desde 0.095, 0.36, 0.52 y hasta 0.95mm y poco más grandes, por lo cual varían en tamaño entre el polvo volcánico a la ceniza gruesa, correspondiendo con el tamaño de la toba a la toba grosera, predominan los de tamaño entre 0.36 a 0.52 mm. Son de formas subrodadas, subangulosas y hasta angulosas (algunos cristales tendiendo a ser euhedrales), son de calibre moderado a malo, con porosidad y permeabilidad baja, cementados en vidrio volcánico de probable composición félsica, el cual normalmente está desvitrificado.

Las amígdalas y esferulitas varían en tamaños y formas, las que se pueden medir son de tamaño variando entre 0.45 a 0.79 mm las más abundantes, pero tiene de tamaños más grandes; las de formas irregulares son un poco más abundantes, pero no se pueden medir correctamente.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene

Fragmentos de cristales de cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasa, escasos máficos, así como vidrio volcánico normalmente desvitrificado, sílice criptocristalina, minerales metálicos, óxidos de hierro, amígdalas y esferulitas.

Fragmentos de:

Cuarzo

Son de formas angulosas a subrodadas, de tamaños que varían principalmente entre 0.36 a 0.52 mm y hasta aproximadamente 0.95 mm, en general son fragmentos sanos en cuanto a alteración, pero están fracturados, los más grandes ocasionalmente están rodeados por óxidos de hierro, normalmente se ven asociados únicamente con el cementante vítreo y en raras veces se asocian mismos cuarzos; ocasionalmente se observa algún cristal con crecimientos de al parecer plagioclasa creciendo en una lateral y encima del cuarzo, como si la plagioclasa fuese de crecimiento posterior al cuarzo; en algunos fragmentos de estos cristales, se ve como si los minerales del cementante estuvieran penetrando al cuarzo, asimilándolo.

Los fragmentos de cristales de cuarzo llegan a tener macla de carlsbad y crecimientos dentro de ellos de mismo cuarzo y de sílice criptocristalina fibrosoradial, igual que la que rellena las esferulitas, la cual penetró hacia el cristal por microfrazuras, por lo que se interpreta que ésta sílice es de depositación posterior a los cristales. así mismo se observan minerales de la matriz que penetraron por fracturas. En cantidad como fragmentos de cristales, hacen aproximadamente el 15 % del contenido mineral en la muestra.

Plagioclasas

Están igualmente en fragmentos al igual que el cuarzo, tienen formas subangulosas, con maclas de la albita y albita carlsbad, están fracturadas, rotas, con débil alteración en su superficie, son de tamaños menores a 0.5 mm, en cantidad hacen quizá el 2% del contenido mineral en la muestra. Se determinaron como andesina, con ángulos de extinción variando entre los 23 a los 26 grados, en la línea de alta temperatura.

Feldespatos alcalinos

Se observan fragmentos de formas angulosas a subrodadas, algunos cristales son de formas tendiendo a ser euédrales, generalmente están fracturados y rotos, son de tamaños como los descritos en la textura, de hasta de 0.95 mm y poco más grandes, no presentan alteración en su superficie, escasamente se llegan a encontrar algunos fragmentos con macla de carlsbad, se identificaron como sanidino. Normalmente están en cristales individuales asociados a los minerales del cementante, sin embargo en ocasiones se asocian entre ellos y escasamente con cuarzo y al igual que éste, se llegan a ver a los minerales de la matriz penetrándolos y asimilándolos. En cantidad hacen poco menos del 10 % del contenido mineral en la muestra.

Minerales máficos

Se observaron escasos minerales máficos, quizá piroxenos u olivino en proceso de oxidación avanzada, en zonas han dejado únicamente el hueco en donde estaban, en cantidad hacen entre el 1 al 2 %.

Minerales metálicos

Contiene pocos fragmentos de minerales metálicos de formas irregulares, se encuentran principalmente distribuidos entre el cementante vítreo y algunos creciendo dentro de los fragmentos de los cristales. En general están oxidados y le dan coloración rojiza a la roca. En cantidad hacen entre el 5 al 10 % del contenido mineral en la muestra.

Amígdalas y esferulitas

Son de diferentes formas y tamaños, son escasas las amígdalas y esferulitas que tienen formas esféricas y completas, predominan las de formas irregulares (reellenos irregulares). Normalmente están rellenas de sílice micro a criptocristalina, la criptocristalina está en agregados plumosos, fibroso radiales y la microcristalina es microgranular (muy escasa) en agregados en mosaico. En la muestra se encuentran distribuidas entre el cementante. En ocasiones se observa un fragmento de cuarzo como ¿núcleo? o terminación de la esferulita.

La sílice microcristalina en su mayoría al parecer se generó por desvitrificación. En cantidad hacen aproximadamente el 15 % del contenido en la muestra, siendo más abundantes los fragmentos de esferulitas, y en menor cantidad los reellenos de formas irregulares.

Cementante

El resto del porcentaje (45 al 50 %) está ocupado por el cementante, el cual está compuesto por vidrio volcánico, moderada a fuertemente desvitrificado hacia cuarzo y feldespatos microcristalinos, microgranulares y a sílice criptocristalina, tiene soldamiento moderado, el vidrio se combina con pequeños cristales de minerales metálicos fuertemente alterados hacia óxidos de hierro, los cuales le dan coloración rojiza a la roca.

Fragmentos de roca

Contiene algunos fragmentos irregulares de roca. los cuales parecen ser de composición félsica, aunque con un poco mayor en el contenido de máficos oxidados.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMÓRFICOS, DEUTÉRICOS, HIDROTERMALES)

Roca ígnea piroclástica con fragmentos de tamaño variando de la toba a la toba grosera, de composición félsica. "Toba vítreo cristalina de composición riolítica", esferulítica, amigdaloides, según la clasificación de Johannsen. Normalmente es descrita en la bibliografía como una toba soldada, ignimbrítica riolítica.

1.8. Muestra VB 41 (Trp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.
NÚMERO DE MUESTRA: VB-41 NÚMERO DE LÁMINA: VB-41
DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Riolita Panalillo (Trp).

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA).

Roca de coloración: Blanquecina, cremosa.

Estructura: Compacta a semicompacta.

Dureza: Poco dura, la raya la navaja.

Textura: Fanerítica, se le ven con la lupa fenocristales rotos y fragmentos de ellos en matriz fanítica.

Mineralogía: Contiene fragmentos de fenocristales de cuarzo, feldespatos, minerales máficos y metálicos, así como abundante vidrio volcánico formando el cementante.

Otras características: Es tan blanda que parece jaboncillo y raya el papel como tiza.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva, piroclástica tobácea de probable composición riolítica.

DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA

TEXTURA

De roca piroclástica; Con fragmentos de cristales y vidrio en cementante vítreo. Los fragmentos de cristales y vidrio son de formas y de tamaños diferentes, varían en tamaño desde 0.0476, 0.11 y hasta 0.20 mm, de los más pequeños a los más grandes, los más abundantes son los de 0.11 mm. En general varían de formas desde angulosas a subrodadas y hasta rodadas, los de vidrio van desde formas de hueso hasta de tepalcate, el tamaño de las partículas corresponde con el polvo volcánico o ceniza, el calibrado en lo general es de moderado a bueno, con porosidad moderada y permeabilidad baja, ya que tiene algo de poros que no están interconectados.

El cementante es vidrio volcánico en fragmentos de diferentes formas y tamaños parecidos a los descritos para los fragmentos de cristales, son de probable composición félsica, normalmente no tiene desvitrificación.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene

Fragmentos de cristales de cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasas, algunos minerales máficos y vidrio volcánico, así como sílice criptocristalina, algo de minerales metálicos y algunos fragmentos de roca.

Fragmentos de:

Cuarzo

Son fragmentos de formas angulosas a subrodadas, de tamaños que varían principalmente entre 0.0476 a 0.11 mm y hasta 0.20 mm, en general los fragmentos están sanos en cuanto a alteración, pero están fracturados, normalmente se ven asociados únicamente con el cementante vítreo, escasos fragmentos están rodeados por una pequeña cenefa de ¿al parecer un mineral máfico?. En cantidad como fragmentos hacen aproximadamente el 10 % del contenido mineral en la muestra.

Plagioclasas

Están igualmente en fragmentos al igual que el cuarzo, en cuanto a forma y tamaños. Tienen maclas de la albita y combinada albita carlsbad, tienen débil alteración en su superficie, son principalmente de tamaños de 0.11 mm, en cantidad hacen quizá el 2% del contenido mineral en la muestra, están normalmente asociadas únicamente con los minerales del cementante. Se determinaron como oligoclasa y andesina, con ángulos de extinción variando entre los 17 a los 25 grados, en la línea de alta temperatura.

Feldespato alcalino

Se observan en fragmentos de formas angulosas a subrodadas, generalmente son cristales rotos y parte de ellos están siendo asimilados por los minerales del cementante el cual se ve penetrando hacia ellos. Son de todos los tamaños como los descritos en la textura, de hasta de 0.20 mm, no presentan alteración en su superficie, se identificaron como sanidino, normalmente están en fragmentos de cristales individuales asociados a los minerales del cementante. En cantidad hacen aproximadamente el 10 % del contenido mineral en la muestra.

Minerales máficos

Se observaron escasos fragmentos de minerales máficos, alguno que se alcanza a verificar, al parecer es un fragmento de olivino, pero en general están alterados (oxidados), se asocian con los minerales del cementante, hacen quizá el 2 % del contenido mineral en la muestra.

Minerales metálicos

Contiene escasísimos minerales metálicos de formas irregulares, están oxidados se encuentran distribuidos entre el cementante vítreo y escasamente creciendo dentro de los fragmentos de cristales y desde luego están asociados con los máficos alterados, son de tamaño a lo descrito. En cantidad hacen menos del 1 % del contenido mineral en la muestra.

Esferulitas

Se encontraron algunos fragmentos de esferulitas, las cuales son crecimientos de sílice micro a criptocristalina y de combinación de sílice-feldespato alcalino en agregados plumosos fibrosoradiales. Se encuentran asociadas únicamente con el cementante en cantidad hacen aproximadamente el 1 % del contenido en la muestra.

Fragmentos de roca

Contiene algunos fragmentos de formas irregulares de roca, los cuales son de composición silícea, ya que son fragmentos compuestos de agregados microgranulares de al parecer cuarzo microcristalino y hasta sílice criptocristalina, son fragmentos individuales incluidos en el material cementante, hacen aproximadamente el 5 % del contenido mineral en la muestra.

Cementante

El resto del porcentaje (70 %) está ocupado por el cementante, el cual está compuesto por fragmentos de vidrio volcánico, combinado con minerales de la arcilla, los fragmentos de vidrio son de muy diversas formas y de tamaños parecidos a los descritos en los fragmentos de minerales, están cementados al igual que los fragmentos de cristales, por vidrio volcánico amorfo combinado con algunos minerales arcillosos.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMÓRFICOS, DEUTÉRICOS, HIDROTERMALES).

Roca ígnea piroclástica con fragmentos de tamaño del polvo volcánico (toba), de composición félsica. "Toba vítreo - cristalina de composición riolítica", según la clasificación de Johannsen.

1.9. Muestra VB 44 (Trp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.

NÚMERO DE MUESTRA: VB-44 NÚMERO DE LÁMINA: VB-44

DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Riolita Panalillo (Trp).

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA)

Roca de coloración: Grisácea blanquecina (en zonas verdosa).

Estructura: Densa, compacta.

Dureza : Dura, no la raya la navaja.

Textura: Fanerítica, con fenocristales en matriz afanítica, formando la textura Porfirítica.

Mineralogía: Contiene fenocristales de cuarzo, feldespatos, sílice micro y criptocristalina, algunos minerales máficos, óxidos de hierro (¿especularita?) y minerales de la arcilla.

Otras características: Tiene algunas vesículas parcialmente rellenas de ¿probable sílice criptocristalina?.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva de composición riolítica.

DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA

TEXTURA

De roca piroclástica; fragmentada, con fragmentos de cristales y de roca en cementante compuesto de esferulitas (sílice microcristalina – feldespato) y con algo de vidrio residual, ya que en su mayoría está recrystalizado.

Los fragmentos de cristales varían de tamaño desde 0.07, 0.28, 0.523, 1.023 y hasta 1.309 mm, de los más pequeños a los más grandes, por lo cual varían en tamaño entre el polvo volcánico a la ceniza gruesa, correspondiendo con el tamaño de la toba a la toba grosera. predominan los de tamaño de 0.523 mm. Son de formas subrodadas, subangulosas y hasta angulosas (tiene algunos cristales euhedrales), es de calibre malo, con porosidad y permeabilidad baja, cementados en vidrio volcánico de probable composición félsica fuertemente desvitrificado.

Las esferulitas varían en tamaños y formas, se ven como si estuvieran en fragmentos, son de formas irregulares que no se pueden medir correctamente.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene

Fragmentos de cristales de cuarzo, feldespato alcalino, escasa plagioclasa, así como vidrio volcánico, sílice micro y criptocristalina, esferulitas. algunos minerales metálicos, óxidos de hierro y algo de carbonatos.

Fragmentos de:

Cuarzo

Son de formas angulosas a subrodadas. de tamaños que varían principalmente entre 0.076 a 1.30 mm, en general los fragmentos están sanos en cuanto a alteración, pero están fracturados, normalmente se ven en contacto únicamente con el cementante vítreo y en ocasiones se asocian entre ellos mismos y escasamente con feldespatos alcalinos. Algunos fragmentos se ven como si los minerales del cementante estuvieran penetrando asimilándolos o comiéndoselos.

En ocasiones los fragmentos de los cristales de cuarzo tienen macla de carlsbad, el cuarzo además se presenta en agregados microgranulares, de formas irregulares, los cuales se ven como si rellenaran espacios entre fragmentos de roca o en pequeñas microvetillas?, además se observa en formas micro y criptocristalinas como de recristalización de vidrio y en las esferulitas. En cantidad como fragmentos hacen aproximadamente el 25 % del contenido mineral en la muestra

Plagioclasas

Están igualmente en fragmentos al igual que el cuarzo, tienen formas subangulosas, con maclas de la albita y albita carlsbad, están fracturadas, rotas, con débil alteración en su superficie, son de tamaños menores a 1 mm, en cantidad hacen quizá el 1% del contenido mineral en la muestra. Se determinaron como oligoclasa y andesina, con ángulos de extinción variando entre los 20 a los 26 grados, en la línea de alta temperatura.

Feldespato alcalino

Se observan en fragmentos de formas angulosas a subrodadas, algunos cristales son de formas euédrales, generalmente están fracturados y rotos, son de tamaños como los descritos en la textura, hasta de 1.309 mm, no presentan alteración en su superficie, escasamente se llegan a encontrar algunos fragmentos con macla de carlsbad, se identificaron como sanidino, normalmente están en cristales individuales en contacto con los minerales del cementante, sin embargo en ocasiones se asocian entre ellos y con algo de cuarzo. Al igual que el cuarzo, se llegan a ver cristales fracturados y, por estas fracturas penetraron minerales que conforman la matriz o cementante y así los fragmentos se observan como si estuvieran siendo reemplazados o comidos por los minerales del mismo. En cantidad los feldespatos alcalinos hacen aproximadamente el 15 % del contenido mineral en la muestra.

Minerales máficos

Se observaron escasos minerales máficos, en su mayoría están oxidados, al parecer se trata de micas (biotita?), hacen quizá el 1 % del contenido mineral en la muestra. Se encuentra principalmente formando parte del cementante.

Minerales metálicos

Contiene fragmentos de minerales metálicos de formas irregulares, en su mayoría están oxidados, se encuentran principalmente distribuidos entre y haciendo parte del cementante desvitrificado y algunos creciendo dentro de los fragmentos de los cristales. En cantidad hacen menos del 5 % del contenido mineral en la muestra.

Esferulitas

Son de diferentes formas y tamaños; las formas son esféricas e irregulares, normalmente están compuestas de sílice micro a criptocristalina en agregados plumosos, fibrosos y radiales, se encuentran distribuidas en toda la muestra, principalmente entre y haciendo parte del cementante y en ocasiones creciendo o terminando su crecimiento en alguna cara o lado de los fragmentos de cristales. En ocasiones se llegan a observar algunos fragmentos de cristales de cuarzo o de feldespato atrapados o englobados dentro de estas esferulitas. En otras ocasiones se observan fragmentos de roca que consisten de agregados esferulíticos. En cantidad hacen aproximadamente el 25 % del contenido en la muestra.

Fragmentos de roca

Al parecer contiene escasos fragmentos irregulares de roca?, de los cuales unos son de agregados de esferulitas fibroso radiales y otros de agregados de sílice microcristalina a criptocristalina. Los fragmentos de roca en la muestra, hacen quizá un 10 % del contenido mineral.

Otros

Además contiene rellenos irregulares de cuarzo en mosaico y sílice microcristalina, la cual se ve en ocasiones alrededor de los fragmentos de cristales y de los fragmentos de roca, como relleno de espacios irregulares. Éste tipo de sílice hace quizá el 5 % del contenido mineral de la muestra y hace principalmente parte del cementante.

Cementante

El cementante, está compuesto por una combinación de vidrio volcánico fuertemente desvitrificado hacia cuarzo, feldespatos de tamaño microcristalino (microgranudos) y a sílice criptocristalina. El cementante está fuertemente soldado. Además del vidrio, contiene esferulitas (microesférulas), esto combinado con algo de minerales máficos fuertemente alterados hacia óxidos de hierro y con los minerales metálicos. En cantidad el cementante hace entre el 35 al 40 % del contenido mineral de la muestra, éste porcentaje es incluyendo el 25 % de las esferulitas ya descritas.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMÓRFICOS, DEUTÉRICOS, HIDROTERMALES)

Roca ígnea piroclástica con fragmentos de tamaño variando de la toba a la toba grosera, de composición félsica. "Toba cristalovítrea soldada, de composición riolítica", según la clasificación de Johannsen. Normalmente descrita en la bibliografía como ignimbrita riolítica.

8.2.2. Petrografía de las muestras del Basalto La Placa (Tbp)

2.1. Muestra VB 4 (Tbp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.

NÚMERO DE MUESTRA: VB-4 NÚMERO DE LAMINA: VB-4

DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Basalto Placa (Tbp)

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA)

Roca de coloración: Gris oscuro a negro.

Estructura: Compacta, densa.

Dureza: Dura, no la raya la navaja.

Textura: Porfírica, escasos fenocristales de minerales máficos y de plagioclasas en matriz afanítica predominante.

Mineralogía: Contiene minerales máficos alterados así como plagioclasas, óxidos de hierro y quizá algunos metálicos.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva de composición muy probablemente basáltica.

DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA

TEXTURA

Holocristalina, hipidiomorfa, inequigranular, porfírica, con matriz traquítica y pilotáxica, los fenocristales con algunas aureolas de reacción, con zoneamiento y crecimiento de cristales de varios tipos y composiciones dentro de los fenocristales de plagioclasa; intersticial, en zonas glomeroporfírica, predominando las texturas de la matriz.

MINERALOGIA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene

Plagioclasas, minerales máficos, óxidos de hierro, minerales metálicos y algunos minerales de la arcilla.

Plagioclasas

Se encuentran en escasos fenocristales, así como en microfenocristales y como microlitos en la matriz. Son los minerales más abundantes en la roca, en fenocristales están en aproximadamente el 12 % del contenido mineral, son de formas hipidiomorfas, tienen maclas de la albita y combinada albita-carlsbad, así como otras maclas.

En su mayoría presentan zoneamiento, así como texturas de intercrecimiento al parecer del centro hacia las orillas?, siguiendo el zoneamiento. Quizá son de reacciones incompletas?, o quizá de otro tipo, en ocasiones tienen aureolas de reacción en los bordes de los cristales a manera de microestructuras en corona, algunas tienen fracturamiento y fue por donde penetraron fluidos con minerales máficos que llegaron a crecer dentro de los cristales de plagioclasa, así mismo crecieron diminutos minerales metálicos, los cuales también se ven creciendo incipientemente entre los crecimientos de tipo de ¿reacciones incompletas?.

Algunos fenocristales dan la apariencia de que crecieron un poco antes a la mayoría de los presentes en la roca, estos tienen mayor cantidad de intercrecimientos que crecen del centro de los cristales hacia las orillas, además en ocasiones se ven como ¿cristales reemplazados? por los minerales de la matriz.

En zonas se encuentran agrupamientos irregulares de únicamente plagioclasas y otros grupos con asociaciones de plagioclasas y minerales máficos, formando la textura glomeroporfírica.

Los fenocristales se identificaron como andesina, con ángulos de extinción entre los 26 a los 28 grados; los microfenocristales varían entre andesina a labradorita, con ángulos de extinción entre los 24, 26 a 28 grados y hasta los 35, 36 grados.

Feldespatos alcalinos

Normalmente no presenta feldespatos alcalinos, quizá se encuentre únicamente en los crecimientos de reacciones incompletas que se dan en los zoneamientos de las plagioclasas?

Minerales máficos

Se encuentran en fenocristales y en la matriz, se identificaron principalmente como diópsido y escasamente contiene algo de augita, así como olivino alterado a iddingsita.

Los fenocristales son hipidiomorfos, están en su mayoría sanos, quizá con algo de alteración, pero tienen fracturamiento por el cual penetró hacia ellos parte de la matriz, en algunos se observa como la matriz inició un proceso de asimilación hacia ellos, de tal manera que se ven como carcomidos y, en otros fenocristales, la matriz penetró y creció irregularmente dentro de ellos. Además como ya se mencionó, algunos fenocristales de plagioclasa tienen crecimiento dentro de ellos, de minerales máficos.

En ocasiones se encuentran fenocristales totalmente fracturados y dividido en fragmentos pequeños, asociados con los minerales de la matriz, viéndose como pequeños agregados como si se tratara de un fragmento acarreado de la misma composición, pero sin embargo se encuentran o se notan todavía las formas de los fenocristales. En otras zonas se ven microfenocristales de piroxenos agrupados y en ocasiones asociados con feldespatos, formando la textura glomeroporfírica.

Predominan los piroxenos con respecto al olivino, el cual está normalmente alterado hacia iddingsita; escasamente se encuentran maclas de carlsbad en el piroxeno y en ocasiones se llega a encontrar una estructura en donde el piroxeno está penetrando al fenocristal de olivino.

En cantidad los minerales máficos como fenocristales hacen poco más del 10% del contenido mineral de la roca, pero en microlitos en la matriz, es más abundante.

Matriz

Los minerales de la matriz son principalmente microlitos de plagioclasas, con crecimientos intersticiales de minerales máficos y diminutos minerales metálicos. Los microlitos de plagioclasa se encuentran en zonas desordenadas, pero en general tienen orientación paralela entre ellos mismos y rodeando a los fenocristales de plagioclasa y máficos, por lo que forman las texturas traquítica y pilotáxica. En cantidad hacen entre el 70 al 75 % del contenido mineral de la muestra.

Otros

Contiene pequeños cristales de minerales metálicos, los cuales hacen aproximadamente el 5 % del contenido mineral en la roca.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMÓRFICOS, DEUTÉRICOS, HIDROTERMALES)

Roca ígnea extrusiva, de composición variando de andesítica a basáltica, según la clasificación de Johannsen.

2.2. Muestra VB 6 (Tbp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.

NÚMERO DE MUESTRA: VB-6 NÚMERO DE LÁMINA: VB-6

DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Basalto Placa (Tbp).

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA)

Roca de coloración: Gris oscuro a negro.

Estructura: Compacta, densa.

Dureza: Dura, no la raya la navaja.

Textura: Afanítica, de matriz, con plagioclasas de grano fino.

Mineralogía: Contiene principalmente plagioclasas, vesículas y amígdalas, algo de minerales máficos y algunos metálicos.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva de composición muy probablemente basáltica.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

TEXTURA

Holocristalina, hipidiomorfa, inequigranular, microporfirítica, glomeroporfirítica, con matriz traquítica y pilotáxica, con algunas aureolas de reacción, zoneamiento y crecimiento de cristales varios dentro de los fenocristales de plagioclasa, con pequeñas vesículas y amígdalas. Intersticial.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene

Plagioclasas, minerales máficos, óxidos de hierro, minerales metálicos y algunos minerales de la arcilla.

Plagioclasas

Se encuentran en microfenocristales y en la matriz, son los minerales más abundantes en la roca, en microfenocristales están en aproximadamente el 7 % del contenido mineral, son de formas hipidiomorfas, tienen maclas de la albita y combinada albita-carlsbad, algunos microfenocristales presentan zoneamiento, así como texturas de reacciones incompletas con intercrecimiento de pequeños cristales, quizá minerales ¿máficos?, del centro hacia sus orillas y en ocasiones presentan aureolas de reacción (microestructuras en corona).

Los microfenocristales al parecer se formaron poco antes que los microlitos de la matriz, los primeros se identificaron principalmente como andesina y con ángulos de extinción de 24 a 25° escasamente se encuentra algo de labradorita, con ángulos de extinción entre los 28 a los 32°. Los microlitos de la matriz son de oligoclasa y andesina, la oligoclasa tiene ángulo de extinción de aproximadamente 18°.

Feldespatos alcalinos

Presenta escaso feldespato alcalino, quizá se encuentre en el 1 a 2 % del contenido mineral en la roca, se observa en los microfenocristales, al parecer se trata de algo de microclina, ya que se ven con la macla clásica de enrejado, dichos cristales tienen zoneamiento muy marcado y crecimientos de pequeños cristales al parecer siguiendo el zoneamiento del centro del cristal hacia afuera, quizá se trate de crecimientos por reacciones incompletas de probablemente asimilación magmática.

Minerales máficos

Se encuentran en fenocristales y en la matriz, los fenocristales son de olivino alterado y piroxenos, se encuentran en cristales hipidiomorfos, algunos con aureola de reacción (microestructuras en corona), los piroxenos se ven asociados entre sí formando la textura glomeroporfirítica, aunque también se observan en cristales individuales. El olivino está alterado a ¿bowlingita? y en zonas a iddingsita. Los piroxenos se identificaron principalmente como diópsido y escasamente contiene algo de augita. En porcentaje el olivino hace quizá el 3 % del contenido mineral y los piroxenos están entre el 8 al 10 %.

Los fenocristales de piroxenos son hipidiomorfos, están en su mayoría sanos, hay escasos con alteración, llegan a tener fracturamiento por el cual penetró o creció dentro de ellos, mismos máficos. En algunos olivinos se observa como la matriz inició un proceso de asimilación hacia ellos, de tal manera que se ven como carcomidos y se observa como la matriz penetró y creció dentro de ellos.

Matriz

Los minerales de la matriz son microlitos de plagioclasas, con crecimientos intersticiales de minerales máficos y diminutos minerales metálicos. Los microlitos de plagioclasa se encuentran en zonas desordenadas, pero en general tienen orientación paralela entre ellos mismos y rodeando a los microfenocristales de plagioclasa y a los fenocristales de minerales máficos, por lo que forman las texturas traquítica y pilotáxica.

En la muestra predominan los microlitos de plagioclasas, los cuales hacen aproximadamente el 55 % del contenido mineral de la misma. Dentro de estos microlitos y en los minerales máficos se llegan a encontrar algunos minerales de los llamados accesorios pesados (Circón? y otros), de formas normalmente euhedrales y de tamaños muy pequeños. La plagioclasa en los microlitos se identificó como oligoclasa y andesina.

Los minerales máficos son también microlitos de formas anhedrales, de tamaños pequeños (unas cuantas micras, hasta 0.25 mm y poco más grandes). Se ven en espacios intersticiales entre y en ocasiones creciendo dentro de las plagioclasas. En cantidad hacen entre el 10 al 15 % del contenido mineral de la muestra.

Otros

Contiene algunas vesículas parcialmente rellenas y otras (amígdalas) completamente rellenas de sílice criptocristalina, de formas fibrosas y radiales, quizá taquilita-palagonita y en ocasiones se ven algunos óxidos de hierro y minerales de la clorita, por alteración.

Además contiene pequeños cristales de minerales metálicos, los cuales hacen junto con las vesículas y amígdalas, entre el 10 al 12 % del contenido mineral en la roca.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMÓRFICOS, DEUTÉRICOS, HIDROTERMALES)

Roca de composición variando entre andesita y el basalto, según la clasificación de Johannsen. (Andesita basáltica).

2.3. Muestra VB 23 (Tbp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.

NÚMERO DE MUESTRA: VB-23 NÚMERO DE LÁMINA: VB-23

DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Basalto Placa (Tbp).

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA)

Roca de coloración: Gris oscuro a negro.

Estructura: Compacta, densa.

Dureza: Dura, no la raya la navaja.

Textura: Predominantemente afanítica, con vesículas irregulares y escasos microcristales.

Mineralogía: Contiene principalmente vidrio volcánico, escasos cristales de plagioclasa, óxidos de hierro y quizá algunos metálicos.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva "vitrificado" de composición muy probablemente basáltica?.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

TEXTURA

Holohialina, con vidrio de formas irregulares, con vesículas de diferentes tamaños y formas, con algunos huecos donde quizá había cristales.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene

Vidrio volcánico, escasísimos microcristales de probables feldespatos, así como de minerales pesados, escasos óxidos de hierro y vesículas.

Vidrio

Es el mineral más abundante, hace el 99 % de los componentes de la roca, está en agregados masivos irregulares.

Microcristales

Contiene escasísimos microcristales de probablemente feldespatos diseminados entre el vidrio.

Minerales pesados

Se observaron 2 cristales de tamaños muy pequeños (aproximadamente 10 micras), de minerales pesados, sin lograr su identificación.

Óxidos de hierro

Contiene escasísimos óxidos de hierro diseminados. Están como manchas de colores rojizos entre el vidrio.

Vesículas

Contiene espacios vacíos, los cuales se interpretan principalmente como vesículas, las cuales son de formas irregulares y redondas; tiene algunas de formas alargadas como si se tratara de espacios que dejaron algunos fenocristales de feldespatos alterados?

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMÓRFICOS, DEUTÉRICOS, HIDROTERMALES)

Roca ígnea extrusiva, de composición vítrea. "Vitróvido" de probable composición basáltica.

2.4. Muestra VB 39 (Tbp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.

NÚMERO DE MUESTRA: VB-39 NÚMERO DE LÁMINA: VB-39

DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Basalto Placa (Tbp).

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA).

Roca de coloración: Gris oscuro a negro.

Estructura: Compacta, densa.

Dureza: Semidura, la raya la navaja.

Textura: Porfírica, fenocristales de plagioclasas en matriz de grano fino.

Mineralogía: Contiene principalmente plagioclasas algo de minerales máficos y algunos metálicos.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva de composición muy probablemente basáltica.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

TEXTURA

Holocristalina, hipidiomorfa, inequigranular, porfírica, con matriz traquítica y pilotáctica, contiene fenocristales con algunas aureolas de reacción, zoneamiento y con crecimiento de cristales varios dentro de los fenocristales de plagioclasa y en pequeñas vesículas.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene

Plagioclasas, minerales máficos, óxidos de fierro, minerales metálicos y algunos minerales de la arcilla.

Plagioclasas

Se encuentran en fenocristales y en la matriz, son los minerales más abundantes en la roca, en fenocristales están en aproximadamente el 15 % del contenido mineral, son de formas hipidiomorfas, tienen maclas de la albita y combinada albita-carlsbad, en su mayoría presentan zoneamiento, así como texturas de intercrecimiento o reacción en sus orillas y siguiendo el zoneamiento, en ocasiones algunos presentan aureolas de reacción como textura en corona.

Tienen fracturamiento por el cual penetraron fluidos con minerales máficos que llegaron a crecer dentro de los cristales de plagioclasa, así como diminutos minerales metálicos, que también se ven creciendo incipientemente entre los crecimientos de reacción. Los fenocristales se identificaron como variando entre la andesina a la labradorita, con ángulos de extinción entre los 28 a los 35 grados.

Feldespatos alcalinos

Normalmente no presenta feldespato alcalino, quizá se encuentre únicamente en los crecimientos de reacción que se dan en los zoneamientos de las plagioclasas?

Minerales máficos

Se encuentran en fenocristales y en la matriz, se identificaron principalmente como diópsida y escasamente contiene algo de augita.

Los fenocristales son hipidiomorfos, están en su mayoría sanos, quizá con algo de alteración, pero tienen fracturamiento por el cual penetró hacia ellos parte de los minerales de la matriz, en algunos se observa como la matriz inició un proceso de asimilación hacia ellos, de tal manera que se ven como carcomidos y en otras la matriz penetra y creció dentro de ellos.

En ocasiones se encuentran fenocristales totalmente fracturados y divididos en fragmentos pequeños, asociados con los minerales de la matriz, viéndose como pequeños agregados como si se tratara de un fragmento acarreado de la misma composición, pero sin embargo se encuentran o se notan todavía las formas de los mismos fenocristales.

En cantidad los minerales máficos como fenocristales hacen poco más del 8 % del contenido mineral de la roca.

Matriz

Los minerales de la matriz son principalmente microlitos de plagioclasas, con crecimientos intersticiales de minerales máficos y diminutos minerales metálicos. Los microlitos de plagioclasa se encuentran en zonas desordenadas, pero en general tienen orientación paralela entre ellos mismos y rodeando a los fenocristales de plagioclasa y máficos, por lo que forman las texturas traquítica y pilotáxica. En cantidad hacen entre el 60 al 65 % del contenido mineral de la muestra.

Otros

Contiene un fenocristal alotriomorfo de cuarzo de tamaño variando entre 2.5 a 3 mm, el cual está fracturado en sus orillas, de manera semi a circular, dando la apariencia de que:

1.- Es un grano de cuarzo que sirvió a manera de núcleo y posteriormente se dio crecimiento de otros granos de cuarzo siguiendo su forma original.

2.- Es un fenocristal de cuarzo que ya venía formado en el magma y por los efectos de distensión y enfriamiento se fracturó a manera de craquelado y por estas fracturas penetraron algunos minerales componentes de la roca?

Al parecer se trata de esto último, ya que no hay más crecimiento de cristales de este tipo, lo cual pudiera indicarnos que probablemente en el magma original ya existía diferenciación hacia una roca más rica en cuarzo?

Contiene además algunas vesículas parcialmente rellenas y otras (amígdalas) completamente rellenas de sílice criptocristalina, asociada con taquilita-palagonita y algo de óxidos de hierro y minerales de la clorita.

Tiene pequeños cristales de minerales metálicos, los cuales hacen aproximadamente el 10 % del contenido mineral en la roca.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMORFICOS, DEUTÉRICOS, HIDROTERMALES)

Roca de composición basáltica, según la clasificación de Johannsen.

2.5. Muestra VB 42 (Tbp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.

NÚMERO DE MUESTRA: VB-42 NÚMERO DE LAMINA: VB-42

DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Basalto Placa (Tbp).

DESCRIPCIÓN MEGASCÓPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA)

Roca de coloración: Gris oscuro a negro.

Estructura: Compacta, densa.

Dureza: Dura, no la raya la navaja.

Textura: Porfírica, pocos fenocristales de plagioclasa y probables máficos en matriz afanítica, con vesículas que contienen algo de minerales de la arcilla y amígdalas rellenas de sílice criptocristalina.

Mineralogía: Contiene principalmente plagioclasas, algo de minerales máficos, sílice criptocristalina, minerales de la arcilla, algunos metálicos y óxidos de hierro.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva de composición muy probablemente basáltica.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

TEXTURA

Holocristalina, hipidiomorfa, inequigranular, porfírica, porfírica seriada, glomeroporfírica, con matriz traquítica, pilotáxica, intersticial, con vesículas y amígdalas. Algunos fenocristales con aureolas de reacción, plagioclasas con zoneamiento y crecimiento de cristales varios dentro de los fenocristales, con núcleos de un cristal y crecimientos de minerales máficos alrededor de él.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene

Plagioclasas, minerales máficos, probables feldespatos alcalinos (sanidino y microclina, sílice criptocristalina, óxidos de hierro, minerales metálicos y algunos minerales de la arcilla.

Plagioclasas

Se encuentran en fenocristales y en la matriz, son los minerales más abundantes en la roca, en fenocristales están en aproximadamente el 10 % del contenido mineral, son de formas hipidiomorfas en lo general, aunque tiene algunos euhedrales, presentan maclas de la albita y combinada albita-carlsbad, en su mayoría tienen zoneamiento, así como texturas de reacción e intercrecimiento dentro de ellos, de minerales máficos que siguen el zoneamiento, así como reacciones con inclusiones de quizá vidrio y otras tipo perítico?. Se presentan tanto

individualmente como asociados a ellos mismos y en ocasiones a minerales máficos, formando la textura glomeroporfírica.

Los fenocristales se identificaron como variando entre oligoclasa a la andesina, con ángulos de extinción variando entre los 14° hasta los 25 a 27°, otros fenocristales (microfenocristales) tienen ángulo de extinción de 32°, con lo cual se ubican en límite de la andesita-labradorita. Se tomaron algunas lecturas a los microlitos de la matriz, los cuales dan 32°, lo cual los ubica igualmente en el límite de la andesina-labradorita.

Feldespatos alcalinos

Es muy escaso, se encuentra únicamente un cristal de sanidino (xenolito), de forma anhedral, sus formas son redondeadas, con fracturamiento semiconcéntrico, parcialmente reemplazado por los minerales de la matriz, como si lo estuvieran asimilando, con un pequeño borde de reacción en sus límites, limitado por pequeñas amígdalas rellenas de sílice criptocristalina.

Además se encontró muy escasamente microfenocristales zonados de probablemente microclina, con la macla de enrejado; no hacen en total el 1 % de los minerales de la muestra.

Minerales máficos

Se encuentran en fenocristales y en la matriz, son clinopiroxenos, se identificaron principalmente como diópsida y augita. Escasamente contiene algo de olivino.

Se ven como fenocristales individuales o asociados entre ellos mismos y también con plagioclasas, formando la textura glomeroporfírica.

Los fenocristales son hipidiomorfos, están en su mayoría sanos (tienen escasa alteración), pero tienen fracturamiento por el cual penetró hacia ellos parte de la matriz, en algunos se observa como la matriz inició un proceso de asimilación hacia ellos, de tal manera que se ven como carcomidos y en otros la matriz penetró y creció plenamente dentro de ellos.

En ocasiones se encuentran fenocristales totalmente fracturados y divididos en fragmentos pequeños, asociados con los minerales de la matriz, viéndose como pequeños agregados como si se tratara de un fragmento acarreado de la misma composición, pero sin embargo en algunos se llega a notar todavía las formas de los fenocristales y otros están dispersos como pequeños fragmentos.

En cantidad los minerales máficos como fenocristales y microfenocristales hacen entre el 15 al 20% del contenido mineral de la roca.

Matriz

Los minerales de la matriz son principalmente microlitos de plagioclasas, con minerales máficos intersticiales y diminutos minerales metálicos. Los microlitos de plagioclasa se encuentran en algunas zonas desordenados, pero en general tienen orientación paralela entre ellos mismos y rodeando a los fenocristales de plagioclasa y máficos, por lo que forman las texturas traquítica y pilotáxica. En cantidad hacen entre el 55 al 60 % del contenido mineral de la muestra.

Otros

Contiene además algunas vesículas parcialmente rellenas y otras (amígdalas) completamente rellenas de sílice criptocristalina fibrosoradial, asociada quizá con algo de vidrio volcánico con desvitrificación y escasamente con algo de minerales de la arcilla y clorita de ¿alteración meteórica?, así como con escasos óxidos de hierro. En general las vesículas y amígdalas son de formas y tamaños irregulares, ocupan aproximadamente el 15 % del volumen de la roca.

Además tiene pequeños cristales de minerales metálicos, los cuales hacen aproximadamente el 5 % del contenido mineral en la roca.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMORFICOS, DEUTÉRICOS, E HIDROTERMALES)

Roca ígnea extrusiva, variando en composición entre la andesita y el basalto. "Basalto Andesítico" según la clasificación de Johannsen.

2.6. Muestra VB 43 (Tbp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.

NÚMERO DE MUESTRA: VB-43 NÚMERO DE LAMINA: VB-43

DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Basalto Placa (Tbp).

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA)

Roca de coloración: Grisáceo rojizo con algunos tonos verdes y zonas blancas.

Estructura: Compacta, densa.

Dureza: Dura, no la raya la navaja.

Textura: Porfírica, fenocristales y microfenocristales de minerales máficos y de plagioclasas en matriz afanítica.

Mineralogía: Contiene minerales máficos alterados hacia principalmente óxidos de hierro, plagioclasas, vesículas irregulares y amígdalas rellenas de calcita, óxidos de hierro y algunos metálicos.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva de composición muy probablemente ζ basáltica?

DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA

TEXTURA

Hipocristalina, hipidiomorfa, inequigranular, porfírica, porfírica seriada, con matriz hialopilitica, en zonas traquítica, pilotáxica y hasta afieltrada, predominando la hialopilitica intersticial y autoclástica. Además tiene algunas vesículas y amígdalas.

Los fenocristales en ocasiones presentan aureolas de reacción, zoneamiento y las plagioclasas tienen crecimiento de cristales de varios tipos y composiciones dentro de ellas.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene

Plagioclasas, minerales máficos, clorita, calcita, vidrio volcánico, óxidos de hierro, minerales metálicos y algunos minerales de la arcilla.

Plagioclasas

Se encuentran en escasos fenocristales así como en microfenocristales y como microlitos en la matriz, son los minerales más abundantes en la roca, en fenocristales están en aproximadamente el 6 % del contenido mineral, quizá hacen un poco más del porcentaje nombrado, pero como tienen alteración hacia minerales de la arcilla, es muy probable que al preparar la lámina se fueron y dejaron únicamente el hueco. Son de formas hipidiomorfas, tienen maclas de la albita y combinada albita-carlsbad.

En su mayoría presentan zoneamiento, así como texturas de intercrecimiento al parecer del centro hacia las orillas, quizá del tipo de reacciones de cristales fuera de equilibrio, las inclusiones ζ al parecer son de diminutos minerales metálicos, minerales máficos y quizá vidrio volcánico?

Los microfenocristales dan la apariencia de que están brechados o fragmentados, formando la textura autoclástica y como existen fenocristales que van disminuyendo en tamaño hasta llegar a ser microlitos, se forma la textura porfírica seriada.

Los fenocristales se identificaron en el límite de la andesina a la labradorita, con ángulos de extinción entre los 31 y 32 grados; los microfenocristales varían entre la oligoclasa y la andesina, con ángulos de extinción entre los 19.5 a los 21 grados, los microlitos de la matriz varían de la andesina a la labradorita, con ángulos de extinción que van de los 26.5 a los 32 y hasta los 38 grados. Los datos se interpretaron con el método y la gráfica de Michel Levy, en la línea de alta temperatura.

Feldespato alcalino

Normalmente no presenta feldespatos alcalinos, quizá contenga algo entre los microlitos de la matriz, ya que escasos cristales tienen macla de enrejado?

Minerales máficos

Se encuentran en fenocristales y en la matriz, los primeros se identificaron principalmente como clinopiroxenos (egirina y egirina-augita), los de la matriz son microlitos intersticiales de principalmente diópsida y escasamente algo de augita. Contiene a manera de fenocristales alterados, algo de olivino alterado a minerales de la serpentina e iddingsita?

Los fenocristales son hipidiomorfos, están en su mayoría alterados hacia minerales de la serpentina, clorita y óxidos de hierro, la alteración causó que los fenocristales se debilitaran, de tal manera que al hacer la preparación, se fueron y dejaron las partes menos alteradas y el hueco donde se encontraban. En general tienen aureolas de reacción de la periferia hacia el centro, así como algunas microinclusiones de quizá vidrio y algo de diópsido?

Como fenocristales predominan los piroxenos con respecto al olivino, el cual es muy escaso y normalmente está alterado. En cantidad los minerales máficos como fenocristales hacen aproximadamente el 15% o poco más del contenido mineral de la roca.

Matriz

Los minerales de la matriz son principalmente microlitos de plagioclasas con crecimientos intersticiales de minerales máficos, diminutos minerales metálicos en formas de aguja y vidrio volcánico llenando espacios irregulares. En general todos los microlitos se encuentran asociados con el vidrio, formando principalmente la textura hialopilitica, en zonas están desordenados, pero en general tienen orientación paralela entre ellos mismos y rodeando a los fenocristales de plagioclasa y máficos.

Además tiene óxidos de hierro, clorita y algo de minerales de la serpentina alterando a los máficos y al vidrio. El vidrio es de color pardo en luz polarizada y en general tiene desvitricación moderada hacia óxidos de hierro, clorita, serpentina y algo de sílice criptocristalina. Contiene además algunas vesículas y amígdalas rellenas de carbonatos (calcita), los cuales en ocasiones rellenan microvetillas.

En cantidad los microlitos de plagioclasa y minerales máficos hacen aproximadamente el 55 % del contenido mineral en la roca, el vidrio hace aproximadamente un 15 % y los minerales metálicos hacen aproximadamente el 8 %.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMORFICOS, DEUTÉRICOS, HIDROTERMALES)

Roca ígnea extrusiva, de composición variando entre la andesítica a la basáltica, según la clasificación de Johannsen.

2.7. Muestra VB 45 (Tbp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.

NÚMERO DE MUESTRA: VB-45 NÚMERO DE LÁMINA: VB-45

DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Basalto Cabras (Tbc).

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA)

Roca de coloración: Grisáceo oscuro.

Estructura: Compacta, densa.

Dureza: Dura, no la raya la navaja.

Textura: Microporfirítica, con microfenocristales de feldespatos, minerales máficos y plagioclasas en matriz afanítica. Con algunas microvetillas.

Mineralogía: Contiene minerales máficos alterados hacia óxidos de hierro?, plagioclasas, vesículas y amígdalas de formas irregulares, rellenas de quizá calcita, además contiene óxidos de hierro y minerales metálicos.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva de composición muy probablemente basáltica?.

DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA

TEXTURA

Holocrystalina, hipidiomorfa, inequigranular microporfirítica, con matriz traquítica, pilotáctica, intersticial, en zonas glomeroporfirítica y escasamente se encuentran algunas vesículas.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene

Plagioclasas, minerales máficos, iddingsita, óxidos de hierro, minerales metálicos y algunos minerales de la arcilla.

Plagioclasas

Como fenocristales son escasos, más bien contiene algunos microfenocristales. Se encuentran principalmente como microlitos en la matriz. Son los minerales más abundantes en la roca, en microfenocristales están en aproximadamente el 5 % del contenido mineral, tienen alteración débil a moderada hacia minerales de la arcilla, son de formas hipidiomorfas, presentan macla de la albita y combinada albita-carlsbad, se asocian con minerales máficos (clinopiroxenos), formando la textura glomeroporfirítica, los microfenocristales de plagioclasa se identificaron como labradorita, con ángulo de extinción variando entre los 33 a 34 grados, aunque se encontró uno de andesina, con ángulo de extinción de 22 grados.

Los microlitos de la matriz se identificaron como andesina, con ángulos de extinción entre los 21 y 22 grados, los datos se interpretaron con el método y la gráfica de Michel Levy, en la línea de alta temperatura.

Minerales máficos

Se encuentran en fenocristales y en la matriz, los primeros se identificaron principalmente como de olivino, están normalmente alterados o sustituidos moderada a fuertemente hacia iddingsita, son de formas hipidiomorfas, se encuentran en cristales individuales asociados únicamente con los minerales de la matriz, tienen fracturamiento y en ocasiones se observan como si estuvieran siendo comidos por los minerales de la matriz.

Además contiene microfenocristales de piroxenos (diópsido-augita), en ocasiones se asocian con microfenocristales de plagioclasas, formando la textura glomeroporfirítica. Los piroxenos se observan en mayor cantidad como minerales de la matriz, se presentan como microlitos intersticiales y son de principalmente diópsida y escasamente algo de augita.

En cantidad los minerales máficos como microfenocristales hacen aproximadamente el 15% del contenido mineral de la roca.

Matriz

Los minerales de la matriz son principalmente microlitos de plagioclasas, con crecimientos intersticiales de minerales máficos (clinopiroxenos) y diminutos minerales metálicos con forma de aguja. En general todos los microlitos se encuentran alineados paralela a subparalelamente con respecto a ellos mismos y rodeando a los microfenocristales de plagioclasas y minerales máficos, formando las texturas traquítica y pilotáctica.

Además se observan óxidos de hierro como alteración principalmente de los minerales metálicos y algo de minerales de la arcilla alterando a los feldespatos.

Tiene además algunas vesículas de formas irregulares. Los minerales metálicos hacen aproximadamente el 10% del contenido mineral en la muestra y los otros componentes de la matriz hacen aproximadamente el 70 %, predominando los microlitos de plagioclasas.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MINERALES METAMÓRFICOS, DEUTÉRICOS, HIDROTERMALES)

Roca ígnea extrusiva, de composición basáltica, según la clasificación de Johannsen

2.8. Muestra VB 46 (Tbp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.
NÚMERO DE MUESTRA: VB-46 NÚMERO DE LÁMINA: VB-46
DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Basalto Placa (tbp).

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA)

Roca de coloración: Grisáceo oscuro a negro.

Estructura: Compacta, densa.

Dureza: Dura, no la raya la navaja.

Textura: Porfírica, fenocristales y microfenocristales de minerales máficos y de plagioclasas en matriz afanítica. Vesicular, amigdaloides.

Mineralogía: Contiene minerales máficos alterados hacia principalmente óxidos de hierro, plagioclasas, vesículas irregulares y amígdalas, óxidos de hierro y algunos metálicos.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva de composición ¿muy probablemente basáltica?

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

TEXTURA

Holocristalina, hipidiomorfa, inequigranular, porfírica, glomeroporfírica, con matriz en zonas traquítica, pilotáxica y afieltrada, predominando esta última.

Algunos de los fenocristales en ocasiones presentan estructuras en corona y aureolas de reacción, escasas plagioclasas tienen zoneamiento; además se ven las texturas intersticial y autoclástica y se llega a observar algo de reemplazamiento y algunas vesículas y amígdalas.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene

Plagioclasas, minerales máficos, probable cuarzo, iddingsita, probables feldespatoideos, óxidos de hierro, minerales metálicos y algunos minerales de la arcilla.

Plagioclasas

Se encuentran en escasos fenocristales y en microfenocristales, así como en microlitos en la matriz, son los minerales más abundantes en la roca, en fenocristales y microfenocristales están en aproximadamente el 15 % del contenido mineral, son de formas hipidiomorfas, tienen maclas de la albita y combinada albita-carlsbad.

Algunas presentan zoneamiento, y escasamente se observa alguna textura de intercrecimiento, quizá del tipo de reacciones de cristales fuera de equilibrio, con microinclusiones al parecer de quizá ¿vidrio volcánico?.

Los fenocristales se identificaron como andesina, con ángulos de extinción entre los 25 a los 27 grados; los microfenocristales varían entre la oligoclasa y la andesina, con ángulos de extinción entre los 18 a los 21 grados. Los datos se interpretaron con el método y la gráfica de Michel Levy, en la línea de alta temperatura.

Minerales máficos

Se encuentran en fenocristales, microfenocristales y en la matriz, los primeros se identificaron principalmente como olivino alterado fuertemente a iddingsita, los microfenocristales y los máficos de la matriz son clinopiroxenos (diópsido y algo de augita), los de la matriz son microlitos intersticiales de principalmente diópsida y escasamente algo de augita.

Los fenocristales y microfenocristales son hipidiomorfos, están en su mayoría alterados hacia iddingsita y hacia óxidos de hierro, la alteración causó que los fenocristales se debilitaran, de tal manera que al hacer la preparación algunos se fueron y dejaron las partes menos alteradas y el hueco donde se encontraban.

En su mayoría los cristales de olivino alterado tienen aureolas de reacción o crecimiento en su periferia de al parecer piroxeno microgranular, muy probablemente ¿diópsido?.

¿Quizá se interpreta que los fenocristales de olivino ya venían formados en la lava y que posteriormente cristalizó el piroxeno, generando reacciones incompletas en las periferias, sin llegar a reemplazar o asimilar a los cristales de olivino?.

Como fenocristales predominan los olivinos alterados, como microfenocristales predomina el diópsido y la matriz contiene principalmente diópsido – augita.

En ocasiones los piroxenos se agrupan entre sí, dando la textura glomeroporfirítica, otras veces se observan como si el piroxeno penetrara en los cristales de olivino y también se observan clinopiroxenos cruzados, dando la apariencia de ser estaurolita.

En cantidad los minerales máficos como fenocristales hacen aproximadamente el 10% o poco más del contenido mineral de la roca, los microfenocristales hacen entre el 15 al 20 %.

Matriz

Los minerales de la matriz son principalmente microlitos de plagioclasas, con crecimientos intersticiales de minerales máficos, así como diminutos minerales metálicos con formas microgranulares y quizá algo de vidrio volcánico llenando espacios irregulares?.

En general todos los microlitos se encuentran asociados entre sí y con los minerales máficos intersticiales, formando principalmente la textura precisamente intersticial, en la mayor parte de la muestra los microlitos están desordenados, pero en zonas están ordenados, con orientación paralela entre ellos mismos y rodeando a los fenocristales de plagioclasa y máficos.

Además tiene óxidos de hierro, alterando a los minerales máficos. Contiene también algunas vesículas y amígdalas rellenas de ¿probables feldespatoides? (¿leucita?), los cuales se ven como relleno de amígdalas o como esferulitas, por lo que se interpreta que estos minerales se depositaron ¿en una etapa tardía y quizá de forma neumatolítica?.

En cantidad los microlitos de plagioclasa y minerales máficos hacen aproximadamente el 55 %, del contenido mineral en la roca, los rellenos de formas esferulíticas hacen aproximadamente el 3 % del contenido mineral en la muestra.

Contiene además

Cuarzo:

Uno o dos fenocristales de cuarzo (xenolitos atrapados) los cuales están rotos fracturados, con fractura concoidea, presentan además la característica especial de que están rodeados por clinopiroxenos, causando reacciones incompletas y fuera de equilibrio, como si los piroxenos trataran de asimilar al cuarzo (¿microestructura en corona?), por lo que se interpreta que el cuarzo ya venía en la lava y quedó completamente fuera de equilibrio y posteriormente creció el piroxeno.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMÓRFICOS, DEUTÉRICOS E HIDROTERMALES)

Roca ígnea extrusiva, de composición variando entre andesítica a basáltica, según la clasificación de Johannsen, con olivino alterado a iddingsita y cuarzo muy probablemente como xenolito.

2.9. Muestra VB 47 (Tbp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.

NÚMERO DE MUESTRA: VB-47 NÚMERO DE LÁMINA: VB-47

DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Basalto Placa (Tbp).

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA)

Roca de coloración: Rojizo oscuro.

Estructura: Compacta, densa.

Dureza: Dura, no la raya la navaja.

Textura: Afanítica, microcristalina, textura de matriz, con vesículas, algunas parcialmente rellenas.

Mineralogía: Contiene principalmente ¿microlitos de plagioclasas? y algo de minerales metálicos oxidados.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva de composición muy probablemente variando entre andesítica y basáltica.

DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA

TEXTURA

Holocristalina, hipidiomorfa, inequigranular, microporfirítica, con matriz traquítica, pilotáxica e intersticial, algunos de los microfenocristales tienen zoneamiento y contiene algunos fragmentos de feldespatos con crecimiento de cristales varios dentro de ellos, probablemente debido a ¿fraccionación discontinua de magmas o a mezcla de magmas? y además se encontraron pequeñas vesículas irregulares.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene plagioclasas, minerales máficos alterados, óxidos de hierro, minerales metálicos y algunos minerales de la arcilla.

Plagioclasas

Se encuentran en escasos microfenocristales y principalmente están en la matriz, son los minerales más abundantes en la roca, los microfenocristales están en aproximadamente el 2 % del contenido mineral, son de formas hipidiomorfas, tienen maclas de la albita y combinada albita-carlsbad, algunos se presentan como fragmentos, dando la apariencia de que ya estuvieran formados y posteriormente cuando se da la cristalización de los microlitos, se rompieron; estos fragmentos presentan zoneamiento y algunos tienen texturas de intercrecimiento o de reacciones incompletas de sus centros hacia las periferias de los mismos.

Se encuentran en zonas alineados con respecto a ellos mismos y a los fenocristales, en ocasiones rodean a los fenocristales, formando las texturas traquítica y pilotáxica, en otras zonas se encuentran desordenados formando la textura afieltrada; entre ellos crecen minerales máficos de colores rojizos, quizá por oxidación? y contiene abundantes minerales metálicos, ambos de manera intersticial.

Los microfenocristales se identificaron en la gráfica de alta temperatura como variando entre el límite de la andesina a la labradorita, con ángulos de extinción entre los 30.5 a los 33.5 grados. Los microlitos de la matriz se identificaron como andesina, con ángulos variando entre los 23 a los 25.5 grados.

Feldespatos alcalinos

Normalmente no presenta feldespatos alcalinos, quizá se encuentre únicamente en los crecimientos peritéticos que se dan en los zoneamientos de las plagioclasas?.

Minerales máficos

No se observan minerales máficos como fenocristales, quizá están completamente alterados, ya que se observan algunos fantasmas con las formas de estos minerales, sin embargo se pudieran confundir con algunas vesículas que tienen algo de relleno. Algunas de estas formas al parecer de máficos y feldspatos, tienen alteración y reemplazamiento hacia minerales arcillosos y crecimiento de minerales metálicos. En pequeños cristales en la matriz, contiene microlitos de minerales máficos, quizá de piroxeno (¿hiperstena?). En cantidad los minerales máficos como microfenocristales? hacen poco más del 5 % del contenido mineral de la roca.

Matriz

Los minerales de la matriz son principalmente microlitos de plagioclasas, con crecimientos intersticiales de minerales máficos y abundantes minerales metálicos diminutos. Los microlitos de plagioclasa se encuentran en zonas desordenados, pero en su mayoría tienen orientación paralela entre ellos mismos y rodeando a los fenocristales de plagioclasa y máficos, por lo que forman las texturas traquítica y pilotáxica. En cantidad hacen entre el 70 al 75 % del contenido mineral de la muestra

Otros

Contiene además vesículas parcialmente rellenas, así como pequeños cristales de minerales metálicos intersticiales, los cuales hacen aproximadamente el 20 % del contenido mineral en la roca.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMÓRFICOS, DEUTERICOS, HIDROTERMALES)

Roca de composición variando entre andesita a basalto (Andesita basáltica), según la clasificación de Johannsen.

2.10. Muestra VB 48 (Tbp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.

NÚMERO DE MUESTRA: VB-48 NÚMERO DE LÁMINA: VB-48

DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Basalto Placa (Tbp).

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA)

Roca de coloración: Grisáceo oscuro a negro.

Estructura: Compacta, densa.

Dureza: Dura, no la raya la navaja.

Textura: Afanítica, microcristalina, textura de matriz, con vesículas, algunas parcialmente rellenas. Escasos fenocristales de ¿probables minerales máficos? de color verdoso y plagioclasas, quizá marcando una textura porfírica.

Mineralogía: Contiene principalmente microlitos de plagioclasas?, escasos microfenocristales de plagioclasa y algo de minerales máficos de color verdoso.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva de composición muy probablemente basáltica

DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA

TEXTURA

Holocristalina, hipidiomorfa, inequigranular, microporfírica, glomeroporfírica, con matriz afieltrada, traquítica, así como intersticial, algunos de los microfenocristales de plagioclasas tienen zoneamiento, con anillos de reacción siguiendo el zoneamiento, que se da con crecimiento de microcristales y ¿quizá vidrio?. Contiene algunos fragmentos de cuarzo (xenolitos) con microestructuras en corona, con crecimiento de cristales de minerales máficos alrededor de ellos, bordeándolos, probablemente debido a reacciones incompletas de asimilación de cristales fuera de

equilibrio quizá debido a ¿mezcla de magmas?, contiene además pequeñas vesículas irregulares en ocasiones rellenas por calcita.

Los crecimientos en las plagioclasas, se dan siguiendo dentro de ellas el zoneamiento, esto quizá se debe a: "La reducción en la presión del agua en el sistema volcánico, lo cual promueve una reacción entre la reabsorción inestable de la plagioclasa y el fundido atrapado, creando así anillos de reacción en la plagioclasa estable, éste anillo desarrollado es limitado, fomentando la reabsorción en el tiempo disponible" "Otra historia de reacción con fundidos cerrados es revelada en muchas plagioclasas, las cuales contienen zonas concéntricas internas aglomeradas con inclusiones irregulares de diminutos granos de minerales similares a esos constituyentes de la matriz microcristalina".

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene

Plagioclasas, minerales máficos, cuarzo, escasos óxidos de hierro, minerales metálicos, calcita y escasísimos minerales de la arcilla.

Plagioclasas

Se encuentran en microfenocristales, pero están principalmente en la matriz como microlitos, son los minerales más abundantes en la roca, los microfenocristales están en aproximadamente el 15 al 20 % del contenido mineral, son de formas hipidiomorfas, tienen maclas de la albita y combinada albita-carlsbad, algunos se presentan como fragmentos, dando la apariencia de que ya estuvieran formados (xenolitos) y posteriormente cuando se da la cristalización de los microlitos, se rompieron; estos fragmentos presentan zoneamiento y la mayoría tienen texturas de intercrecimiento o en corona de sus centros hacia las periferias de los mismos, inclusive se llega a ver la reacción del líquido sobre ellos, quedando algunos remanentes de ¿vidrio?. Se encuentran en zonas alineados con respecto a ellos mismos y a los fenocristales, en ocasiones rodeándolos, formando las texturas traquítica, aunque predominan los que se encuentran desordenados, sin aparente orientación, formando la textura afieltrada; entre ellos crecen minerales máficos de colores amarillentos, muy probablemente microlitos de piroxenos, así como abundantes minerales metálicos, ambos de manera intersticial.

En ocasiones se forman acumulaciones irregulares de microfenocristales de plagioclasas asociadas con minerales máficos, formando la textura glomeroporfirítica.

Los microfenocristales se identificaron en la gráfica de alta temperatura como andesina, con ángulos de extinción entre los 25 a los 30 grados, predominando los de 28 grados. Los microlitos de la matriz se identificaron como variando entre la andesina a la labradorita, con ángulos de extinción variando entre los 24 a los 35 grados, predominando los que tienen ángulo de extinción de 29 grados.

Feldespatos alcalinos

Normalmente no presenta feldespatos alcalinos.

Minerales máficos

Generalmente se observan minerales máficos como microfenocristales, los cuales se llegan a presentar asociados entre sí, formando aglomeraciones que en muestra de mano se ven de colores verdosos, como si fueran fenocristales, además se asocian con plagioclasas formando la textura glomeroporfirítica. La mayor cantidad de minerales máficos se encuentra como microlitos en la matriz, asociados con los microlitos de plagioclasa y se observan también coronando a los microfenocristales de probables xenolitos como cuarzo. En cantidad los minerales máficos como microfenocristales hacen poco más del 8 % del contenido mineral de la roca, sin cuantificar los microlitos.

Matriz

Los minerales de la matriz son principalmente microlitos de plagioclasas, con crecimientos intersticiales de minerales máficos y abundantes minerales metálicos diminutos (micro a criptocristalinos). Los microlitos de plagioclasa se encuentran en zonas desordenados, en algunas

zonas tienen orientación paralela entre ellos mismos y rodeando a los microfenocristales de plagioclasa, formando la textura traquítica.

En cantidad, la matriz hace entre el 70 al 75 % del contenido mineral de la muestra, predominando los microlitos de plagioclasa, siguiéndole los de minerales máficos y por último los minerales metálicos.

Los minerales metálicos intersticiales hacen aproximadamente el 15 % del contenido mineral en la roca.

Otros

Contiene escasas vesículas parcialmente rellenas y amígdalas totalmente rellenas de carbonatos.

Se encontraron cuando menos dos xenolitos de cuarzo de formas anhedrales y con fractura concoide y con una característica especial de los cristales fuera de equilibrio encontrados en éstos basaltos, la cual es que tienen primeramente una corona (cenefa) de líquido (vidrio) y posteriormente a esta, se ve el crecimiento de una corona de piroxeno. Esto está indicando que el cuarzo fue atrapado en el líquido basáltico, lógicamente no está en equilibrio y se dan reacciones incompletas de asimilación.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMÓRFICOS, DEUTÉRICOS, HIDROTERMALES)

Roca de composición variando entre andesita a basalto (Andesita basáltica), según la clasificación de Johannsen.

2.11. Muestra VB 49 (Tbp)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.

NÚMERO DE MUESTRA: VB-49 NÚMERO DE LÁMINA: VB-49

DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Riolita Panalillo (Trp o Tap)

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA)

Roca de coloración: Rojiza oscura.

Estructura: Densa, compacta.

Dureza: Dura, no la raya la navaja.

Textura: Fanerítica, con fenocristales en matriz afanítica, formando la textura Porfirítica.

Mineralogía: Contiene fenocristales de cuarzo, feldespatos, plagioclasas, minerales máficos oxidados, vidrio volcánico desvitrificado y con óxidos de hierro formando la matriz.

Otras características: Tiene algunas microvetillas rellenas de probables carbonatos.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva, piroclástica de probable composición riolítica.

DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA

TEXTURA

De roca piroclástica; fragmentada, con fragmentos de cristales en cementante vítreo, los fragmentos de cristales son de formas y tamaños variables.

Los fragmentos de cristales varían desde poco menos de 0.081 a 0.23, 0.40, 0.52, 1.76 mm y poco más grandes, de los más pequeños a los más grandes, por lo cual varían en tamaño entre el polvo volcánico a la ceniza gruesa, correspondiendo con el tamaño de la toba a la toba grosera, predominan los de tamaño entre 0.40 a 0.52 mm. Son de formas subrodadas, subangulosas y hasta angulosas (algunos cristales euhedrales), tiene calibrado moderado a malo, con porosidad y permeabilidad baja, cementados en vidrio volcánico de probable composición

félsica, el cual normalmente se ve en bandas o de manera fluidal, formando la textura eutaxítica. En zonas está desvitrificado.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene fragmentos de cristales de cuarzo, feldespatos alcalinos, plagioclasa, minerales máficos, así como vidrio volcánico, sílice micro y criptocristalina, algunos minerales metálicos y óxidos de hierro.

Fragmentos de Cuarzo:

Se encuentra como fragmentos y en microcristales en agregados granulares (en mosaico) muy probablemente debido a desvitrificación.

Los fragmentos son de formas angulosas a subrodadas, de tamaños que varían principalmente entre 0.40 a 0.52 mm y hasta aproximadamente 1.76 mm, en general estos fragmentos se ven sanos en cuanto a alteración, pero están fracturados, con fractura concoidea, se ven en contacto tanto con el cementante vítreo, con ellos mismos y a los feldespatos alcalinos. En ocasiones se ven como si los minerales del cementante estuvieran penetrando asimilándolos, otras veces se observan diversos minerales como máficos y otros, creciendo dentro del cuarzo, como si hubiera entrado líquido por las fracturas. En cantidad como fragmentos hacen aproximadamente el 20 % del contenido mineral en la muestra.

Plagioclasas

Están igualmente en fragmentos como el cuarzo, tienen formas subangulosas, con maclas de la albita y albita carlsbad, están fracturadas, rotas, con débil alteración en su superficie, son de tamaños entre 0.40 a 0.52 mm principalmente, en cantidad hacen quizá el 3% del contenido mineral en la muestra. Se determinaron como andesina, con ángulos de extinción variando entre los 22 a los 26 grados, en la línea de alta temperatura; tiene cuando menos un cristal con ángulo de extinción de 32°, que en la línea de alta temperatura está en el límite de la andesina con la labradorita.

Feldespatos alcalinos

Es muy abundante en fragmentos, los cuales son de formas angulosas a subrodadas, algunos cristales son de formas euhedrales, generalmente están fracturados y rotos, son de tamaños como los descritos en la textura, de hasta de 1.76 mm, no presentan alteración en su superficie, escasamente se llegan a encontrar algunos fragmentos con macla de carlsbad, se identificaron como sanidino, normalmente están en cristales individuales asociados a los minerales del cementante, sin embargo también se asocian entre ellos y con cuarzo, contienen al igual que el cuarzo, crecimientos dentro de ellos de diferentes minerales, por las fracturas penetraron líquidos (vidrio) que ha desvitrificado hacia sílice cripto a microcristalina. En cantidad hacen entre el 20 al 25 % del contenido mineral en la muestra.

Minerales máficos

Se observaron escasos minerales máficos, al parecer se trata de algunas micas y en su mayoría se trata de ¿olivinos alterados a iddingsita?, pero lo interesante es que tienen una aureola o cenefa de reacción (estructura en corona) de al parecer piroxenos y hacia el centro el olivino alterado. Mucho del olivino está fuertemente oxidado. Las micas tienen dentro de ellas crecimiento de ¿piroxenos?. En general los minerales máficos son escasos, hacen poco menos del 5 % del contenido mineral en la muestra.

Minerales metálicos

Contiene fragmentos de minerales metálicos de formas irregulares, se encuentran principalmente distribuidos entre el cementante vítreo y algunos creciendo dentro de los fragmentos de los cristales. En cantidad hacen menos del 5 % del contenido mineral en la muestra. Algunos de los asociados a los fragmentos de cristales, tienen atrapados pequeños cristales al parecer de olivino?.

Esferulitas, vesículas y amígdalas

Son de diferentes formas y tamaños, son escasas las que son de formas esféricas, predominan las de formas irregulares (reellenos irregulares). Normalmente están rellenas de sílice micro a criptocristalina, en agregados plumosos, fibroso radiales a microgranulares, se encuentran distribuidas en toda la muestra, principalmente entre el cementante y en ocasiones creciendo o terminando su crecimiento en alguna cara o lado de los fragmentos de cristales. En ocasiones se llegan a observar algunos fragmentos de cristales de cuarzo o de feldespato atrapados o englobados en estas esferulitas. En cantidad hacen aproximadamente el 25 % del contenido en la muestra. Las vesículas son escasas, normalmente están rellenas, convirtiéndose en amígdalas, las cuales llegan a formar los llamados huevos de trueno.

Cementante

El resto del porcentaje (25 al 30 %) está ocupado por el cementante, el cual está compuesto por una combinación de vidrio volcánico, moderada a fuertemente desvitrificado hacia cuarzo y feldespatos, de tamaño microcristalino (microgranudos) y a sílice criptocristalina, con alto soldamiento, además combinada con microlitos de minerales máficos fuertemente alterados hacia óxidos de hierro, los cuales le dan coloración rojiza a la roca.

Fragmentos de roca

Al parecer contiene escasos fragmentos irregulares de roca, los cuales dan la apariencia de ser de agregados de microlitos de ¿plagioclasas? En cuanto a su composición.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMÓRFICOS, DEUTÉRICOS, HIDROTERMALES).

Roca ígnea piroclástica con fragmentos de tamaño variando de la toba a la toba grosera, de composición félsica. "Toba cristalovítrea de composición riolítica", según la clasificación de Johannsen. Normalmente descrita en la bibliografía como ignimbrita riolítica.

8.3.3. Petrografía de las muestras del Basalto Cabras

3.1. Muestra VB 22 (Tbc).

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.

NUMERO DE MUESTRA: VB-22 NUMERO DE LÁMINA: VB-22

DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Basalto Cabras (Tbc).

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA)

Roca de coloración: Grisáceo rojizo.

Estructura: Compacta, densa.

Dureza: Dura, no la raya la navaja.

Textura: Porfírica, con fenocristales en matriz afanítica.

Mineralogía: Contiene fenocristales de minerales máficos de color rojizo, quizá alterados y algunos de plagioclasas.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva de composición muy probablemente ¿basáltica?

DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA

TEXTURA

Holocristalina, hipidiomorfa, inequigranular, porfírica, glomeroporfírica, subofítica, microvesicular, con matriz traquítica, pilotáxica, afieltrada e intersticial.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene

Plagioclasas, minerales máficos alterados, carbonatos, minerales metálicos y algunos minerales de la arcilla.

Plagioclasas

Se encuentran en fenocristales y en la matriz. son los minerales más abundantes en la roca, los fenocristales están en aproximadamente el 15 % del contenido mineral, son de formas hipidiomorfas, tienen maclas de la albita y combinada albita-carlsbad, algunos se ven como fragmentos, dando la apariencia de que ya estuvieran formados y posteriormente cuando se da la cristalización de los microlitos, se rompieron; algunos fenocristales presentan fracturamiento con crecimiento dentro de ellos, de algunos minerales como carbonatos, minerales metálicos, quizá algo de vidrio?, minerales de la matriz y otros?, en ocasiones estos crecimientos dan la apariencia de ser texturas gráficas.

En ocasiones los fenocristales se encuentran asociados, formando la textura glomeroporfírica, en otras zonas se ven como cristales individuales. En zonas los microlitos de la matriz rodean a los fenocristales formando las texturas traquítica y pilotáxica, en otras se encuentran desordenados formando la textura afieltrada; entre ellos crecen minerales máficos y minerales metálicos, ambos de manera intersticial.

Los fenocristales se identificaron en la gráfica de alta temperatura como andesina. con ángulos de extinción entre los 21 a los 28 grados. Los microlitos de la matriz se identificaron igualmente como andesina, con ángulos variando entre los 21 a los 25 grados.

Feldespatos alcalinos

Normalmente no presenta feldespatos alcalinos, quizá se encuentre únicamente en los crecimientos micrográficos que se dan en las plagioclasas?. En los fenocristales se dan algunas maclas cruzadas, sin llegar a ser la de enrejado.

Minerales máficos

Tiene minerales máficos en fenocristales y en la matriz, Los fenocristales están normalmente alterados hacia iddingsita, escasamente tienen lo que aparenta ser alguna microestructuras en corona, máfico rodeado por un clinopiroxeno?, otros tienen estructuras esqueléticas, en general son de formas hipidimorfos y están asociados a las plagioclasas, algunos tienen microinclusiones de probable titanita?, en tamaños varían de fenocristales a microfenocristales.

También en fenocristales se observan algunos clinopiroxenos (diópsido), los cuales están penetrados por plagioclasas formando la textura ofítica a subofítica.

En cantidad los minerales máficos como fenocristales? hacen aproximadamente el 20 % del contenido mineral de la roca.

Matriz

Los minerales de la matriz son principalmente microlitos de plagioclasas, con crecimientos intersticiales de minerales máficos y metálicos. Los microlitos de plagioclasa se encuentran en zonas desordenadas, pero en su mayoría tienen orientación paralela entre ellos mismos y rodeando a los fenocristales de plagioclasa y máficos, por lo que forman las texturas traquítica, pilotáxica y también se encuentran penetrando a los piroxenos, formando la textura ofítica. En cantidad hacen entre el 60 al 65 % del contenido mineral de la muestra.

Otros

También contiene algo de minerales de la arcilla, como débil alteración de las plagioclasas, así como calcita en aproximadamente el 8 a 10 %, rellenando espacios irregulares entre los microlitos y creciendo dentro de las plagioclasas, a manera de carbonatación. Además se encuentran algunas vesículas de tamaño muy pequeño, parcialmente rellenas y se observa un agregado de forma irregular de sílice criptocristalina.

Tiene pequeños cristales de minerales metálicos intersticiales, los cuales hacen aproximadamente el 5 % del contenido mineral en la roca.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMÓRFICOS, DEUTÉRICOS, HIDROTERMALES)

Roca de composición de Andesita basáltica, según la clasificación de Johannsen.

3.2. Muestra VB 26 (Tbc)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.

NÚMERO DE MUESTRA: VB-26 NÚMERO DE LÁMINA: VB-26

DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Basalto Cabras (Tbc).

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA)

Roca de coloración: Grisáceo oscuro a negro.

Estructura: Compacta, densa.

Dureza: Dura, no la raya la navaja.

Textura: Afanítica, quizá microporfirítica?, con microfenocristales de feldespatos? y minerales máficos en matriz afanítica.

Mineralogía: Contiene minerales máficos, plagioclasas, vesículas de formas irregulares y predominando las de formas redondeadas, además contiene óxidos de hierro y minerales metálicos.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva de composición muy probablemente basáltica?

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

TEXTURA

Holocristalina, hipidiomorfa, inequigranular, subofítica, microporfirítica, con matriz traquítica, pilotáxica e intersticial. Vesicular y escasamente glomeroporfirítica.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene plagioclasas, minerales máficos, iddingsita, óxidos de hierro, minerales metálicos y algunos minerales de la arcilla.

Plagioclasas

Se encuentran en fenocristales, en microfenocristales y en la matriz. Los primeros son relativamente escasos, los microfenocristales son un poco más abundantes y los que se encuentran como microlitos en la matriz son los más abundantes. Los fenocristales hacen entre el 5 al 7 % del contenido mineral en la muestra, se encuentran en cristales individuales y asociados entre ellos mismos y a los minerales de la matriz, escasamente forman la textura glomeroporfirítica. Son de formas hipidiomorfas, con maclas de la albita y combinada albita-carlsbad, en general están fracturados y presentan reemplazamiento por los minerales componentes de la matriz. Se identificaron como labradorita, con ángulos de extinción variando entre los 32 a los 36 grados.

Los microfenocristales son un poco más abundantes en la roca, están en aproximadamente el 15 % del contenido mineral, son de formas hipidiomorfas, tienen maclas de la albita, combinada albita-carlsbad y de la periclina. Se encuentran en cristales individuales asociados a los minerales de la matriz y a los minerales máficos (clinopiroxenos y olivino), no presentan alteración, escasamente se llega a encontrar alguno con zoneamiento. Los microfenocristales de plagioclasa se identificaron como andesina, con ángulo de extinción variando entre los 23 a 27 grados.

Los microlitos de la matriz se identificaron igual que los microfenocristales, como andesina con ángulos de extinción variando entre los 22 a los 28 grados, los datos se interpretaron con el método y la gráfica de Michel Levy, en la línea de alta temperatura.

Minerales máficos

Se encuentran en fenocristales, microfenocristales y en la matriz, los primeros y segundos se identificaron principalmente como olivino y piroxenos.

Los cristales de olivino están normalmente alterados o sustituidos moderada a fuertemente hacia iddingsita y piroxeno, son de formas hipidiomorfas a alotriomorfas, se encuentran en cristales individuales y también asociados con los fenocristales de piroxenos y plagioclasas, así como a minerales de la matriz. Presentan primeramente alteración hacia iddingsita y posteriormente cambian hacia clinopiroxeno, en ocasiones en los fenocristales de piroxeno se ven residuos del olivino alterado a iddingsita y escasamente se observa el olivino con la alteración hacia iddingsita y únicamente como una estructura al parecer en corona se ve piroxeno que inicia la sustitución del olivino.

El piroxeno se identificó como diópsido, pigeonita y augita, predominando el primero. Se encuentran en fenocristales, microfenocristales y en la matriz, los micro y fenocristales son hipidiomorfos, se asocian a los demás componentes de la roca, alteran o sustituyen a los cristales de olivino y forman la textura subofítica a ofítica, en la cual se ven microlitos de plagioclasa creciendo y penetrando dentro de ellos y en ocasiones únicamente penetrándolos.

En cantidad y en general los minerales máficos como feno y microfenocristales hacen aproximadamente el 30% del contenido mineral de la roca.

Matriz:

Los minerales de la matriz son principalmente microlitos de plagioclasas, con crecimientos intersticiales de minerales máficos (clinopiroxenos) y diminutos minerales metálicos. En general todos los microlitos se encuentran alineados paralela a subparalelamente con respecto a ellos mismos y rodeando a los microfenocristales de plagioclasas y minerales máficos, formando las

texturas traquítica y pilotáxica, y también se encuentran penetrando a los minerales máficos formando las texturas sub y ofítica.

En cantidad en la matriz, predominan los microlitos de plagioclasa, siguiéndole los minerales máficos intersticiales y en menor porcentaje están los minerales metálicos y de alteración como los minerales de la arcilla que alteran débilmente a los feldespatos.

Los minerales metálicos hacen entre el 10 al 12% del contenido mineral en la muestra y los otros componentes de la matriz hacen aproximadamente el 40 %, predominando los microlitos de plagioclasas.

Contiene además algunas vesículas de formas irregulares.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN METAMÓRFICOS, DEUTÉRICOS, HIDROTERMALES)

Roca ígnea extrusiva, de composición muy probablemente basáltica, según la clasificación de Johannsen.

3.3. Muestra VB 35 (Tbc)

DATOS GENERALES

LOCALIDAD: Semigraben de Bledos, Villa de Reyes, San Luis Potosí.

NÚMERO DE MUESTRA: VB-35 NÚMERO DE LÁMINA: VB-35

DESCRIPCIÓN DE CAMPO: Basalto Cabras (Tbc).

DESCRIPCIÓN MEGASCOPICA (COLOR, TEXTURA Y MINERALOGÍA)

Roca de coloración: Grisáceo oscuro.

Estructura: Compacta, densa.

Dureza: Dura, no la raya la navaja.

Textura: Quizá porfírica, con escasos fenocristales de probables feldespatos, microfenocristales de minerales máficos y de plagioclasas en matriz afanítica.

Mineralogía: Contiene minerales máficos alterados hacia principalmente óxidos de hierro, plagioclasas, vesículas irregulares y amígdalas rellenas de calcita, óxidos de hierro y además tiene algunos minerales metálicos.

Clasificación probable: Roca ígnea extrusiva de composición muy probablemente basáltica?

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

TEXTURA

Hipocristalina, hipidiomorfa, inequigranular, microporfírica, con matriz hialopilitica, intersticial, con zonas vesicular amigdaloides.

Los fenocristales y microfenocristales presentan aureolas de reacción o microestructura en corona, las plagioclasas y máficos tienen crecimiento de cristales de al parecer ¿minerales máficos? alrededor de ellos; además tiene textura vesicular y amigdaloides y al parecer microglomeroporfírica.

MINERALOGÍA (ESENCIALES, SECUNDARIOS Y CLASIFICACIÓN)

Roca que contiene

Plagioclasas, minerales máficos, clorita, calcita, vidrio volcánico, óxidos de hierro, minerales metálicos y algunos minerales de la arcilla.

Plagioclasas

Se encuentran en escasos fenocristales, así como en microfenocristales y como microlitos en la matriz. Son los minerales más abundantes en la roca, en fenocristales están en

aproximadamente el 6 % del contenido mineral, quizá hacen un poco más del porcentaje nombrado, pero como tienen alteración hacia minerales de la arcilla, es muy probable que al preparar la lámina se fueron y dejaron únicamente el hueco. Son de formas hipidiomorfas, tienen maclas de la albita y combinada albita-carlsbad.

En su mayoría presentan zoneamiento, así como texturas de intercrecimiento o de reacciones incompletas?, al parecer del centro hacia las orillas, quizá del tipo de reacciones de cristales fuera de equilibrio, las inclusiones al parecer son de diminutos minerales metálicos, minerales máficos y quizá ¿vidrio volcánico?.

Los microfenocristales dan la apariencia de que están brechados o fragmentados, formando la textura autoclástica y como existen fenocristales que van disminuyendo en tamaño hasta llegar a ser microlitos, se forma la textura porfirítica seriada.

Los fenocristales se identificaron en el límite de andesina a labradorita, con ángulos de extinción entre los 31 y 32 grados; los microfenocristales varían entre la oligoclasa y la andesina, con ángulos de extinción entre los 19.5 a los 21 grados, los microlitos de la matriz varían de la andesina a la labradorita, con ángulos de extinción que van de los 26.5 a los 32 y hasta los 38 grados. Los datos se interpretaron con el método y la gráfica de Michel Levy, en la línea de alta temperatura.

Feldespatos alcalinos

Normalmente no presenta feldespato alcalino, quizá contenga algo entre los microlitos de la matriz, ya que escasos cristales tienen ¿macla de enrejado?.

Minerales máficos

Se encuentran en fenocristales y en la matriz, los primeros se identificaron principalmente como clinopiroxenos (egirina y egirina-augita), los de la matriz son microlitos intersticiales de principalmente dióxido de silicio y escasamente algo de augita. Contiene a manera de fenocristales, algo de olivino alterado a minerales de la serpentina y a iddingsita?.

Los fenocristales son hipidiomorfos, están en su mayoría alterados hacia minerales de la serpentina, clorita y óxidos de hierro, la alteración causó que los fenocristales se debilitaran, de tal manera que al hacer la preparación, se fueron y dejaron las partes menos alteradas y el hueco donde se encontraban. En general tienen aureolas de reacción de la periferia hacia el centro, así como algunas microinclusiones de quizá ¿vidrio y algo de dióxido de silicio?.

Como fenocristales predominan los piroxenos con respecto al olivino, el cual es muy escaso y normalmente está alterado hacia minerales de la serpentina y de la iddingsita.

En cantidad los minerales máficos como fenocristales hacen aproximadamente el 15% o poco más del contenido mineral de la roca.

Matriz

Los minerales de la matriz son principalmente microlitos de plagioclasas, con crecimientos intersticiales de minerales máficos, diminutos minerales metálicos en formas de aguja y vidrio volcánico llenando espacios irregulares. En general todos los microlitos se encuentran asociados con el vidrio, formando principalmente la textura hialopilitica, en zonas están desordenados, pero en general tienen orientación paralela entre ellos mismos y rodeando a los fenocristales de plagioclasa y máficos. Además tiene óxidos de hierro, clorita y algo de minerales de la serpentina alterando a los máficos y al vidrio. El vidrio es de color pardo en luz polarizada y en general tiene desvitricación moderada hacia los minerales nombrados y a óxidos de hierro, clorita, serpentina y algo de sílice criptocristalina. Contiene además algunas vesículas y amígdalas rellenas de carbonatos (calcita), los cuales en ocasiones rellenan microvetillas.

En cantidad los microlitos de plagioclasa y minerales máficos hacen aproximadamente el 55 % del contenido mineral en la roca, el vidrio hace aproximadamente un 15 % y los minerales metálicos hacen aproximadamente el 8 %.

PETROGÉNESIS (ORÍGEN, MIN. METAMÓRFICOS, DEUTÉRICOS, HIDROTERMALES).

Roca ígnea extrusiva, de composición variando entre andesita a basalto, según la clasificación de Johannsen.

ANEXO 8.3. Tabla de resultados de petrografía

Tabla 1

MINERALES %	Muestra VB-4	VB-6	VB-22	VB-23	VB-26	VB-27
Texturas	H, H ₁ , I, P, T, P ₁ , A _R , Z, I ₁ , G.	H, H ₁ , I, M _{pr} , T, P ₁ , A _R , Z, M _e , V, A, G	H, H ₁ , I, P, G, S, M _v , T, P ₁ , A _r , I ₁ .	H _o , V ₁ , V.	H, H ₁ , I, S ₁ , M _p , T, P ₁ , V, G	F, E _s , V, A _F , V _C , S _R , S _{AV} , A _N
Q. (F).						30
Q. (M).						
K (F)		1 a 2				10
K (M)						
Plag. F y (MF)	12	7	15		20	3
Plag. (M)	60	50 a 55	40		30	
Min. Máf. (F)	13	13	20		30	1
Min. Máf. (M)	10	15	10		10	
Foid						
Met. Y Ox. de Fe.	5	10 a 12	5	1	10	
V ₁ Volc.				99		
E _s , V - A						25
F. de R.						
Min. de Alt. (Arg, C, Etc.)			8 a 10			
Matriz ó Cemtte. (R. Félicas)						25 a 30
(Σ) % de Min.	100	100	100	100	100	100
Clasificación Petrográfica.	A. B. (Tbp)	A. B. (Tbp) (K,*)	A. B. (Tbc)	Vitrófido basáltico.	Basalto (Tbc)	Ignimbrita riolítica (Trp)

Continuación Tabla 1

Minerales %	MUESTRA VB-28	VB-30	VB-32	VB-33	VB-35	VB-36
Texturas	F, V _C , S _R , S _A , AN, VD	F, V _C , S _A , AN	F, V _C , S _A , AN	F, E _S , V ₂ , A _F , V _C , B, F _L , E _U , S _R , S _A	H _C , H _I , I, M _P , H _A , I ₁ , V, A _F , A _R , M _C , M _{GP}	F, V, E _S , A _F , V _C , V _D , S _R , S _A , AN, B, F, E _U
Q (F).	10 a 12	10	15	15		10
Q (M).						
K (F)	10	10 a 12	10	25		10
K (M)						
Plag. F y (MF)	5	2	10 a 15	1	6	3
Plag. (M)					45	
Min. Máf. (F)		3			15	1
Min. Máf. (M)					11	
Foid						
Met. Y Ox. de Fe.	5	1	10	5	8	5 a 10
V ₁ Volc.					15	
E _S , V - A	10			25		25
F. de R.	3	20	5			
Min. de Alt. (Arg, C, Etc.)						
Matriz ó Cemtte. (R. Félsicas)	57	50 a 55	45 a 50	25 a 30		40 a 45
(Σ) % de Min.	100	100	100	100	100	100
Clasificación Petrográfica	Toba riolítica (Trp) (r)	Toba riolítica. (Trp)	Toba riolítica (Trp)	Ignimbrita. E _S riolítica. (Trp)	A.,B. (Tbc).	Ignimbrita E Es riolítica (Trp)

Continuación Tabla 1

Minerales %	Muestra VB-38	VB-39	VB-41	VB-42	VB-43	VB 44
Texturas	F, Es, A, Vc, VD, SR, SA, AN	H, H ₁ , I, P, T, Pl, AR, Z, ME, V	F, VC, AN, SR, R	H, H ₁ , I, P, P _s , G, T, Pl, V, A, AR, Z, ME, MC	H, H ₁ , I, P, P _s , H _A , T, Pl, AF, AR, Z, V, A	F, CE, VD, SR, SA, AN, V1, ES
Q (F).	15	(1) Un cristal	10			25
Q (M).						5
K (F)	10		10	1 (Sanidino y Microclina)		15
K (M)						1
Plag. F y (MF)	2	15	2	10	6	
Plag. (M)		55		55	45	
Min. Máf. (F)	1 a 2	8	2	15 a 20	15	1
Min. Máf. (M)		12		10	11	
Foid						
Met. Y Ox. de Fe.	5 a 10	10	1	5	8	5
V ₁ Volc.			(En la matriz)		15	
Es, V - A	15		1			15
F. de R.			5			10
Min. de Alt. (Arg, C, Etc.)						
Matriz ó Cemtte. (R. Félsicas)	45 a 50		70			20 a 25
(Σ) % de Min.	100	100	100	100	100	100
Clasificación Petrográfica	Ignimbrita E _s riolítica	Basalto (Tbp) (*, Q)	Toba vítreocrystalina riolítica	Basalto Andesítico (Tbp) (K)	Andesita basáltica (Tbc)	Ignimbrita E _s riolítica

Continuación Tabla 1

Minerales %	VB-45	VB-46	VB-47	VB-48	VB-49
Texturas	H, H ₁ , I, M _p , T, P, I ₁ , G, V	H, H ₁ , I, A _F , T, P ₁ , I ₁ , G, M _C , A _R , Z, A _{UT} , V, A	H, H ₁ , I, T, P ₁ , I ₁ , M _p , M _E , Z, V	H, H ₁ , I, A _F , T, I ₁ , G, M _p , Z, M _C , V ₁ , X, V	F, V _C , S _R , S _A , A _N , B, F _L , E _U , V _D
Q (F).		2 (cristales-xenolitos)			15
Q (M).					
K (F)					15 a 20
K (M)					
Plag. F y (MF)	5	15	2	15	3
Plag. (M)	60	45	60 a 65	45	
Min. Máf. (F)	15	25 a 30	5	25 a 30	5
Min. Máf. (M)	10	10	10	10	
Foid		3 (en A)		3(en A)	
Met. Y Ox. de Fe.	10		20		5
V ₁ Volc.					
E _S , V - A					20 a 25
F. de R.					
Min. de Alt. (Arg, C, Etc.)					
Matriz ó Cemtte. (R. Félsicas)					25 a 30
(Σ) % de Min.	100	100	100	100	100
Clasificación Petrográfica	Basalto (Tbc)	Andesita basáltica (Foid, Q)	Andesita basáltica (Tbp) (ver textura)	Andesita Basáltica (Tbp) (Foid, Q)	Ignimbrita E, riolítica (L)P

Simbología:

TEXTURAS: H= Holocristalina, H₁= Hipidiomorfa, I= Inequigranular, P= Porfiritica, G= Glomeroporfiritica, S= Ofítica, S₁= Subofítica, M= Microcristalina, M_v= Microvesicular, T= Traquítica, P₁= Pilotáxica, A_F= Afieltrada, I₁= Intersticial, A_R= aureolas de reacción en fenocristales, Z= Zoneamiento, M_E= Microestructuras, M_p= Microporfiritica, V= Vesicular, A= Amigdaloides, H_o= Holohialina V₁= Vidrio, F= Fragmentada, E_S= Esferulítica, V_C= Vidrio como cementante, S_R= Subrodada, S_A=Subangulosa, A_N= Angulosa, V_D= Vidrio desvitrificado, B= Bandeada, F_L= Fluidal, E_U= Eutaxítica, H_C= Hipocristalina, H_C= Hipocristalina, H_A= Hialopilitica, M_C= Microestructuras en corona, M_{GP}= Microgloporfiritica, R= Rodada, P_S= Porfiritica seriada, C_E= Cementante de esferulitas, A_{UT}= Autoclástica, X= Xenolitos, K= Feldespato potásico, * = Con estructura de reacción, Q= Cuarzo, Foid= Feldespatoides, ρ= Con labradorita, L= Labradorita, F. DE R.= Fragmentos de roca, Arg= Argilización, C= Carbonatación, A.B.= Andesita basáltica, (F)= Fenocristales, (M)= Matriz, (MF)= microfenocristales

ANEXO 8.4. Tabla de Geocronología y Métodos analíticos

8.4.1 Resultados de la Espectrometría de masas para las muestras del VBSGB

Las edades de las rocas obtenidas con los parámetros respectivos se enlistan en la Tabla 2, fueron calculados usando la constante recomendada por Steiger y Jager (1977), y la incertitud del error de $\pm 1\sigma$, se calculó siguiendo la ecuación de Cox y Dalrymple (1967), para muestras de roca más antigua a 5 Ma, y la ecuación dada por Mahood y Drake (1982) para las muestras más jóvenes a 1 Ma.

Tabla 2. Resultado de la Espectrometría de Masas del VBSGB

Muestra No.	Nomenclatura	Tipo de roca:	Edad en Ma.
MEZ 1	(Tbc)	Traquibasalto	20.64 \pm 0.48
VB 22	(Tbc)	Traquibasalto	20.07 \pm 0.48
VB 55	(Tbp)	Andesita-Basáltica	28.30 \pm 0.7
VB 56	(Tbp)	Andesita-Basáltica	27.20 \pm 0.6

8.4.2. Métodos analíticos

Los métodos usados fueron; 1. Fluorescencia de rayos X (XRF). 2. ICP-MS, (Inductively Coupled Plasma Analysis). 3. Espectrometría de absorción atómica.

1. Método de fluorescencia de rayos X

Se analizaron 18 muestras, en el Instituto de Geología de la U.N.A.M., (Laboratorio de Fluorescencia de rayos X – LUGIS), el procedimiento es el siguiente:

Los elementos mayores se midieron en muestra fundida, usando el programa cuantitativo Ruizf03.qan. Las perlas fueron preparadas usando 1 g de muestra y 9 g de fundente. Los elementos traza se midieron en tabletas

prensadas, comparando contra el programa Traza04.qan. Las tabletas fueron preparadas usando 6 g de muestra y 0.6 g de cera C como agente aglutinante.

2. Método de ICP; (Inductively Coupled Plasma Analysis):

Se realizaron en el Instituto de Geofísica de la U.N.A.M., (Laboratorio de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo, ICP-MS), usando el método de Análisis Cuantitativo de Elementos de Tierras Raras ICP-MS en muestras geológicas.

Procedimiento de preparación de las muestras para análisis por el método ICP

1. Molienda: Todas las muestras fueron molidas en un mortero de tungsteno hasta obtener un tamaño de grano de malla 200 (75 micras), el mortero se descontaminó previamente para cada una de las muestras.

2. Digestión de muestras (sistema abierto):

2.1 Se pesó 0.2 g de muestra en vasos de PFA (perfluoroalkoxy) de 50 ml.

2.2 Se adicionó una mezcla de ácidos concentrados bidestilados (10 ml de HF y 4 ml de HClO_4) y se calentó en una parrilla de calentamiento a 120 °C hasta el desprendimiento de vapores blancos de HClO_4 .

2.3 Se agregó una adición de 2 ml de HClO_4 para eliminar residuos de HF.

2.4 Se evaporó hasta sequedad total.

2.5 La solución final se aforó a 100 ml con 2 % HNO_3 y 10 ppb de la solución utilizada como estándar interno (In).

2.6 Por cada 10 muestras se efectuó la digestión de un blanco para observar posible contaminación entre las muestras.

2.7 Por cada 10 muestras se efectuó la digestión de un material de referencia certificado con matriz semejante a muestras por analizar (basalto, riolita, andesita (JB-2, JR-1 y JA-2)) con la finalidad de verificar la calidad de preparación de la muestra.

2.8 Por cada 10 muestras se realizó un duplicado de una de las muestras para observar la reproducibilidad.

Análisis cuantitativo por ICP-MS.”

El análisis se realizó en un ICP-MS marca VG Elemental modelo Plasma Quad3®.

Se hizo una curva de calibración con 6 puntos: Blanco, 0.01 ppb, 0.1 ppb, 1 ppb, 10 ppb y 100 ppb de una solución acuosa certificada multielemental de elementos de Tierras Raras (ICP-MS-B, SPEX, Hig Purity) con la adición de un estándar interno (In) a cada uno de los estándares y muestras, con la finalidad de corregir fluctuaciones inmediatas del instrumento y efectos de matriz.

La precisión del procedimiento se evaluó en términos de la desviación estándar relativa (% DER) y es para todos los elementos < 3%.

3. Método de Espectrometría de Masas

Se realizó la geocronometría de las muestras seleccionadas utilizando el método K/Ar en roca total, las muestras preparadas fueron enviadas para su análisis isotópico al laboratorio de geocronología del Instituto Universitario Europeo de La Mar. de la Universidad de Bretaña Occidental (Brest, Francia).

Después de quebrar y cribar la roca a una fracción del tamaño entre 0.3 a 0.15 μm . fueron lavadas con agua destilada para proceder con el método analítico: el procedimiento es como sigue:

1. Una parte de muestra se reduce a polvo (diámetro < 60 μm) en un mortero de ágata, para realizar el análisis de K por espectrometría de absorción atómica (AAS) después de un ataque químico con ácido fluorhídrico.
2. Los granos de 0.3 a 0.15 μm fueron utilizados para el análisis isotópico de Ar. La extracción del Argón se realizó en alto vacío y por calentamiento de la muestra por inducción en un crisol de molibdeno. Los gases extraídos fueron filtrados en dos filtros de titanio y finalmente purificados utilizando dos filtros de Al-Zr SAES.

La composición isotópica de argón y concentración de ^{40}Ar radiogénico fueron medidos usando un espectrómetro de masas de acero inoxidable con una geometría de 180°, equipado con un amplificador Keithley 642. El método de dilución isotópica se aplicó usando un trazador de ^{38}Ar que fue implantado como ion en una pequeña hoja de aluminio.

Anexo 8.5

Resultados de análisis químicos.

8.5.1. Tabla 3. Elementos Mayores corregidos (Anhidros y fierro total).

Sample	VB-4	VB-5	VB-6	VB-13	VB-20	VB-21	VB-23	VB-24	VB-31
Rock type	A	R	A	BA	R	BTA, sho	TB, pot	R	TB, pot
SiO ₂ adj	59.281	78.823	59.145	56.31	78.017	51.927	47.333	77.91	47.668
TiO ₂ adj	0.94	0.149	0.997	1.284	0.223	2.296	3.259	0.198	3.175
Al ₂ O ₃ adj	15.929	11.016	15.992	16.664	11.487	13.736	14.627	11.4	14.744
Fe ₂ O ₃ adj	3.413	1.076	3.551	3.947	1.331	6.312	6.574	1.276	6.598
FeOadj	4.506	0.833	4.749	5.409	1.069	9.624	9.935	1.011	9.87
MnOadj	0.127	0.018	0.13	0.127	0.016	0.203	0.216	0.013	0.201
MgOadj	3.79	0.129	3.435	3.762	0.131	2.444	3.746	0.126	3.587
CaOadj	6.662	0.43	6.726	6.881	0.361	6.698	6.925	0.493	6.698
Na ₂ Oadj	2.355	2.666	2.574	2.592	2.238	2.505	3.787	2.598	3.767
K ₂ Oadj	2.764	4.829	2.464	2.66	5.078	2.642	2.037	4.949	2.105
P ₂ O ₅ adj	0.232	0.031	0.238	0.363	0.049	1.611	1.56	0.029	1.587
Total	99.99	100	100	100	100	100	100	100	100
Q	15.319	43.613	15.399	10.794	44.495	10.599	-	42.46	0.169
Or	16.334	28.538	14.561	15.72	30.009	15.614	12.038	29.25	12.44
Ab	19.927	22.559	21.78	21.933	18.937	21.197	32.045	21.98	31.875
An	24.729	1.931	24.803	25.978	1.471	18.432	16.896	2.256	17.104
C	-	0.695	-	-	1.77	-	-	0.942	-
Di	5.491	-	5.679	4.689	-	3.582	5.979	-	4.742
Hy	10.928	0.749	10.185	11.884	0.851	13.331	12.308	0.813	14.397
Ol	-	-	-	-	-	-	1.399	-	-
Mt	4.948	1.56	5.148	5.722	1.93	9.151	9.531	1.85	9.566
Il	1.785	0.283	1.894	2.439	0.424	4.361	6.19	0.376	6.03
Ap	0.538	0.072	0.551	0.841	0.114	3.732	3.614	0.067	3.677
Mg#	59.989	21.633	56.319	55.353	17.928	31.161	40.195	18.18	39.314
FeOT/MgO	1.999	13.963	2.313	2.382	17.303	6.262	4.231	17.14	4.407
Salic	76.309	96.641	76.543	74.425	94.912	65.842	60.979	95.95	61.588
Femic	21.634	2.592	21.153	23.289	3.205	28.404	32.881	3.039	32.685
CI	38.623	2.156	37.992	38.488	1.699	25.558	29.761	2.476	28.297
DI	51.58	94.71	51.74	48.447	93.441	47.41	44.083	93.7	44.484
SI	22.522	1.353	20.479	20.479	1.33	10.388	14.364	1.265	13.835
AR	1.527	2.744	1.57	1.565	2.214	1.65	1.74	2.552	1.754

Continuación tabla 3

Sample	VB-35	VB-36	VB-38	VB-39	VB-40	VB-42	VB-43	VB-45	VB-47
Rock type	TB, pot	R	R	BA	R	BA	BA	BA	BA
SiO ₂ adj	46.87	77.063	76.768	56.432	77.77	55.26	54.339	54.658	56.574
TiO ₂ adj	2.427	0.236	0.2	1.537	0.217	1.561	1.66	1.626	1.619
Al ₂ O ₃ adj	15.882	11.554	11.808	15.872	11.356	15.863	15.798	15.565	16.429
Fe ₂ O ₃ adj	5.124	1.397	1.276	3.606	1.293	3.449	3.849	3.827	4.045
FeOadj	8.252	1.072	0.993	5.533	1.012	5.667	6.181	5.943	6.011
MnOadj	0.193	0.018	0.009	0.123	0.01	0.127	0.138	0.124	0.15
MgOadj	6.454	0.129	0.172	5.28	0.155	6.611	4.058	5.823	2.68
CaOadj	8.171	0.603	0.585	7.008	0.515	7.393	9.361	7.735	7.489
Na ₂ Oadj	3.743	2.722	3.069	2.479	2.537	2.336	2.696	2.678	2.821
K ₂ Oadj	1.849	5.15	5.076	1.712	5.101	1.319	1.475	1.58	1.746
P ₂ O ₅ adj	1.035	0.054	0.045	0.419	0.034	0.414	0.446	0.44	0.436
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Q	-	39.98	37.899	12.595	42.047	10.815	9.218	8.706	13.832
Or	10.927	30.435	29.997	10.117	30.145	7.795	8.717	9.337	10.318
Ab	28.047	23.033	25.969	20.976	21.467	19.766	22.812	22.661	23.87
An	21.073	2.639	2.608	27.123	2.333	28.902	26.647	25.783	27.008
Ne	1.964	-	-	-	-	-	-	-	-
Di	10.256	-	-	3.941	-	4.059	13.712	7.803	5.992
Hy	-	0.779	0.884	16.129	0.836	19.739	9.127	16.054	9.031
Ol	13.297	-	-	-	-	-	-	-	-
Mt	7.429	2.025	1.85	5.228	1.875	5	5.58	5.548	5.864
Il	4.61	0.448	0.38	2.919	0.412	2.965	3.153	3.088	3.075
Ap	2.398	0.125	0.104	0.971	0.079	0.959	1.033	1.019	1.01
Mg#	58.232	17.662	23.592	62.977	21.446	67.527	53.923	63.591	44.282
FeOT/MgO	1.993	18.054	12.448	1.662	14.035	1.327	2.377	1.612	3.601
Salic	60.047	96.087	96.473	70.811	95.992	67.278	67.394	66.487	75.028
Femic	32.692	3.252	3.114	27.255	3.123	30.885	27.061	30.609	21.511
CI	45.815	2.864	2.908	41.797	2.603	46.269	50.588	46.792	38.174
DI	40.938	93.448	93.865	43.688	93.659	38.376	40.747	40.704	48.02
SI	25.387	1.232	1.625	28.372	1.535	34.109	22.225	29.334	15.489
AR	1.606	2.622	2.962	1.448	2.493	1.373	1.397	1.447	1.472

Abreviaciones: El subscrito "adj" se refiere a los datos ajustados (anhidro 100 % base ajustada), Salic = Suma de minerales sálicos normativos; Femic = Suma de minerales félicos normativos; CI = Índice de cristalización; DI = Índice de diferenciación; SI = Índice de solidificación; AR = Promedio de alcalinidad; Fe₂O₃ + = Total de hierro expresado como Fe₂O₃; Mg# = 100 Mg₂⁺ / (Mg₂⁺ + Fe₂⁺), atómico; FeOT = Hierro total expresado como FeO. Los tipos de roca son presentados acorde al diagrama de total de álcalis vs sílice (Le Bas et al., 1986; Le Bas, 1989, 2000) y la norma CIPW está sobre una base ajustada anhidra 100 % y usando el promedio de Fe₂O₃/FeO, después de Middlemost (1989), usando el programa para computadora SINCLAS (Verma et al., 2002)

Abreviaciones del tipo de rocas y modificaciones de acuerdo a los pies de nota. Ejemplo de estas abreviaciones: B, subal = Basalto subalcalino; BA = Andesita basáltica.

8.5.2. Tabla 4. Resultados de análisis de Elementos Traza (VBSGB)

	VB-4	VB-5	VB-6	VB-13	VB-20	VB-21	VB-23	VB-24	VB-31
Rb	102	264	89	85	227	55	25	226	26
Sr	378	19	399	443	47	415	533	31	525
Ba	587	445	743	677	665	1207	802	445	754
Y	37	112	39	35	81	71	68	78	62
Zr	215	352	200	271	440	478	335	453	331
Nb	13	47	13	15	42	53	38	42	38
V	139	10	140	158	21	66	155	17	137
Cr	86	<2	92	32	6	7	15	<2	13
Co	35	24	27	32	17	22	27	25	24
Ni	11	14	8	4	13	5	10	9	11
Cu	9	2	9	10	4	16	29	5	26
Zn	96	125	88	99	113	175	143	106	140
Th	6	34	10	4	29	2	3	32	<3
Pb	11	42	13	8	34	12	10	30	<5

Continuación tabla 4

	VB-35	VB-36	VB-38	VB-39	VB-40	VB-42	VB-43	VB-45	VB-47
Rb	74	218	279	101	224	106	45	71	57
Sr	1220	37	47	496	32	469	440	416	423
Ba	595	480	560	755	318	487	1297	502	661
Y	36	79	102	47	74	53	38	34	39
Zr	315	431	429	269	433	270	212	222	237
Nb	77	40	47	14	44	15	13	13	16
V	144	34	32	145	26	156	160	171	139
Cr	134	3	5	243	<2	223	267	258	246
Co	39	16	23	34	22	35	28	34	39
Ni	67	10	13	46	10	53	86	87	96
Cu	30	3	3	9	3	13	18	26	21
Zn	120	109	130	105	110	102	107	98	99
Th	6	27	31	7	28	5	7	<3	7
Pb	<5	28	39	12	40	9	7	7	9

8.5.3. Tabla 5.- Resultado de análisis de los Elementos de Tierras Raras (VBSGB)

Elementos	*L.D.	JB-2	JB-2	VB2	VB4	VB5	VB6	VB13	VB20	VB21	VB23
	(3sigma)	MRC	Lab. ICPMS								
	conc.	conc.	conc.	Conc.	conc.	conc.	conc.	conc.	Conc.	conc.	conc.
	p p b	p p m	p p m	p p m	p p m	p p m	p p m	p p m	p p m	p p m	p p m
	Basalto	Basalto									
La	0.006	2.3	2.28	50.89	33.29	123	52.69	40.22	118.45	61.66	27.71
Ce	0.006	6.1	6.34	89.44	64.45	174.33	89.23	78.35	222.7	130.32	50.93
Pr	0.006	1.1	1.1	13.63	8.3	31.32	13.34	10.73	26.93	16.35	7.53
Nd	0.022	6.1	6.1	51.35	34.85	122.82	46.84	39.69	92.55	68.31	32.76
Sm	0.028	2.18	2.21	11.87	7.81	25.76	9.67	8.65	18.51	15.19	7.14
Eu	0.01	0.79	0.88	0.19	2.01	1.17	1.96	2.1	0.95	4.04	2.12
Gd	0.018	2.89	2.4	9.63	6.68	19.82	6.34	5.57	11.51	13.74	6.05
Tb	0.005	0.54	0.49	1.79	1.05	3.17	0.95	0.81	1.66	2.15	0.91
Dy	0.012	3.7	3.48	11.45	6.24	19.09	5.27	4.46	9.19	12.8	5.2
Ho	0.003	0.8	0.85	2.45	1.29	3.97	1.07	0.9	1.83	2.69	1.06
Er	0.004	2.42	2.12	5.88	2.99	9.59	2.46	2.05	4.2	6.18	2.41
Tm	0.004	0.35	0.33	0.89	0.43	1.44	0.36	0.3	0.6	0.88	0.33
Yb	0.008	2.4	2.29	6.06	2.9	9.68	2.51	2.14	4.01	5.76	2.04
Lu	0.003	0.34	0.39	0.93	0.49	1.57	0.4	0.35	0.65	0.95	0.33

Continuación tabla 5.

Elementos	VB24	VB31	VB35	VB36	VB38	VB39	VB40	VB42	VB43	VB43	VB45	VB47
	conc.	conc.	conc.	conc.	conc.	conc.	conc.	conc.	conc.	conc.	conc.	conc.
	p p m	p p m	p p m	p p m	p p m	p p m	p p m	p p m	p p m	p p m	p p m	p p m
									duplicado			
La	79.95	71	53.63	80.57	71.43	42.49	80.77	51.98	29.61	30.73	24.38	29.34
Ce	165.93	136.84	102.57	168.89	172.57	71.27	157.21	84.83	59.05	59.88	53.03	56.1
Pr	19.97	18.91	11.72	20.04	17.07	10.3	19.23	13.59	8.6	8.14	7.02	7.76
Nd	78.66	81.76	46.09	79.65	66.88	41.41	74.33	56.01	36.36	36.56	30.15	33.21
Sm	16.48	17.31	9.06	16.37	14.96	8.51	14.9	11.87	8.49	8.7	6.9	7.32
Eu	0.87	4.9	3.2	1	0.82	2.06	0.69	2.25	2.32	2.5	2	2.05
Gd	14.07	14.89	7.47	13.18	12.6	6.88	11.52	9.11	7.4	7.67	5.79	6.23
Tb	2.21	2.2	1.03	2.08	2.13	1.08	1.83	1.44	1.22	1.35	0.9	0.95
Dy	13.31	12.54	5.67	12.05	12.86	6.15	10.38	7.98	7.51	7.29	5.35	5.68
Ho	2.79	2.51	1.11	2.51	2.84	1.31	2.21	1.56	1.64	1.65	1.14	1.22
Er	6.38	5.4	2.38	5.91	6.68	2.98	5.23	3.55	4.02	3.9	2.71	2.98
Tm	0.92	0.74	0.33	0.83	1	0.43	0.77	0.52	0.61	0.64	0.39	0.43
Yb	5.93	4.74	2.14	5.35	6.64	2.85	5.13	3.43	4.15	4.76	2.67	2.91
Lu	0.94	0.76	0.33	0.88	1.09	0.48	0.85	0.55	0.67	0.65	0.44	0.48

