



Universidad De Guanajuato

Departamento de Ingeniería en
Minas, Metalurgia y Geología.



“Caracterización geológica y petrográfica de las ignimbritas del
área de Tierra Blanca, Guanajuato, México”

Tesis

Que para obtener el título de:

Ingeniera Geóloga.

Presenta:

Brenda Angélica Ramírez Cruz.

Asesor de Tesis:

Dr. Gerardo de Jesús Aguirre Díaz.

Guanajuato, Gto. Junio de 2021.

DEDICATORIA

Esta tesis es dedicada...

A Dios, por darme la fuerza para superarme cada día.

A mis padres Selinda Cruz Toledo y Juan Ángel Ramírez Cruz, quienes siempre están conmigo.

A mi hermana Karla Estefanía Ramírez Cruz, por su apoyo y cariño incondicional.

A mis abuelos Estela Toledo Meza e Isauro Ramírez, por su comprensión y experiencia de vida.

A mis familiares, que siempre mostraron un aprecio y apoyo a mis decisiones.

A mis amigos y amigas que han estado presentes durante mi formación académica hasta este momento.

A mis profesores por brindarme confianza y empatía.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) por el apoyo financiero que me otorgó mediante una beca, para la realización de mi tesis como parte del proyecto PAPIIT UNAM IN106618, que se encuentra a cargo del Dr. Gerardo de Jesús Aguirre Díaz.

Estoy muy agradecida con el Dr. Gerardo de Jesús Aguirre Díaz, por hacerme formar parte de sus proyectos y permitirme realizar esta tesis con él, por sus enseñanzas, por cada minuto de asesoría y dudas resueltas, por siempre brindarme una buena actitud.

Agradezco a la Universidad de Guanajuato por ser mi alma máter y junto a ella, agradezco todas y cada una de las enseñanzas que obtuve a través de sus profesores, sus alumnos y en general, al personal que hace posible una agradable experiencia académica, cultural y social.

Agradezco al laboratorio y equipo de laminación del Centro de Geociencias de la UNAM, Campus Juriquilla, que sin ellos no habría hecho láminas delgadas, al Ing. Juan quien es una maravillosa persona y siempre me revisaba las láminas y me daba consejos para hacerlas de una manera correcta. A Don Oscar que me enseñó a utilizar los equipos para realizar las láminas, con él compartí bastante tiempo de pláticas, quien me orientaba y siempre me brindó su ayuda y apoyo.

Agradezco a la Dra. Ma. Del Carmen Jaimes Viera, por sus comentarios, sus correcciones y revisiones a esta tesis, por sus enseñanzas y consultas en los laboratorios, por ser siempre mi compañera y amiga en las salidas a campo. Aprecio nuestra confianza y su agradable actitud de cada día.

Agradezco al Ing. Juan José Martínez Reyes, por motivarme a realizar esta tesis, quien fue en varias ocasiones mi profesor dentro de la carrera. Quien me brindó confianza, apoyo, sabiduría y siempre las pláticas de motivación, es una persona que admiro mucho por su fortaleza y liderazgo, por su compromiso en todas sus actividades y con las personas. Y en general a todos mis profesores y profesoras que han sido parte desde el inicio de mi crecimiento académico.

Agradezco al Ing. Helios Serna Bafun, por sus enseñanzas desde el inicio de la tesis, por sus consejos, por compartirme sus experiencias, su inteligencia, por ser un amigo de quien doy gracias de conocer porque ha sido mi apoyo incondicional en esta etapa académica, que me asombra y siempre me demuestra su perseverancia, su entrega a cualquier actividad que realice, su inteligencia, que tiene virtudes enormes, así como es su paciencia, su bondad y sobre todo su solidaridad.

Agradezco principalmente a Dios, por bendecirme en la vida con momentos de alegría y felicidad, por guiarme en los momentos difíciles y darme la fuerza de seguir

adelante para alcanzar mis metas. Por bendecir a mis amigos, a mis familiares y a los que me rodean.

Estoy infinitamente agradecida con mis padres Selinda Cruz y Juan Ángel Ramírez, por otorgarme la educación que me han otorgado, todos los valores que me han enseñado y sobre todo el sacrificio que han tenido que hacer por darme siempre lo mejor. Por enseñarme a dar lo mejor de mí y que siempre y en todo momento se puede dar un extra; siempre se puede correr un minuto más, leer una hoja más, subir un escalón más, trabajar una hora más, etc. A que siempre se puede más, que no es fácil pero tampoco imposible. Y sin duda alguna agradezco su amor tan puro que tienen hacia mí y la confianza que me brindan de lograr todo lo que me proponga.

Agradezco a mi hermana Karla Estefanía por estar conmigo en todo momento, por darme el apoyo y cariño que solamente una hermana sabe dar. Por la tolerancia que me tiene en los momentos no tan buenos, por las risas y sonrisas que nos regalamos.

Agradezco a mis abuelos Estela Toledo, Marcos Cruz †, Elena Cruz † e Isauro Ramírez por darme a los mejores padres. Que en cada visita que nos hacemos me comparten de sus experiencias, por compartir conmigo sus pensamientos, sus sentimientos y también sus preocupaciones y así sus tan generosos consejos acerca de todo; la vida, estudios, morales, éticos, que me sirven para crecer en mi persona.

Agradezco a mis amigos y amigas que siempre han estado conmigo, que, si no fuera por las clases, la escuela, los proyectos, las fiestas, los momentos tristes, de angustia e inseguridades, las risas, las anécdotas que juntos creamos, que me hacen y me hicieron sentir diferentes emociones, si no fuera por eso no pensaría que somos amigos.

Agradezco a mi amiga Arlet que desde al inicio de la carrera mostró su cariño hacia mí, que juntas pasamos una infinidad de aventuras, pláticas en las que sólo nosotras nos compartimos, que siempre me demostró su apoyo académico, siempre fuimos un gran equipo. A la Ing. Lucero Villegas, por ser una amiga incondicional y que sin estar en la misma carrera siempre compartimos momentos de diversión, así como también de estrés y angustias, que al final de la carrera éramos apoyo mutuo, estudiábamos para exámenes, nos ayudábamos en proyectos, tareas, trámites escolares y más.

INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
Localización y vías de acceso:.....	2
Trascendencia- impacto:.....	3
Aspectos éticos- factibilidad del estudio:	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos	4
Metas	4
Metodología:	4
Análisis bibliográfico	4
Trabajo de campo.....	4
Trabajo de laboratorio.....	5
1. Elaboración de láminas delgadas	5
2. Análisis petrográfico.....	9
3. Trituración y molienda.....	9
4. Pulverizado con molino shatter-box	12
Trabajo de gabinete.....	13
CAPÍTULO I.....	14
Características generales de las ignimbritas de la Sierra Madre Occidental	14
Geología del área de Tierra Blanca y Santa Catarina.....	15
CAPÍTULO II.....	22
Geología del área de Tierra Blanca y Santa Catarina.....	22
1) Sección Santa Catarina.....	22
Unidades litológicas identificadas; Sección Santa Catarina.....	30
Ignimbrita Victoria I.....	30
Ignimbrita Victoria II.....	30
2) Sección El Salto.....	31

Unidades litológicas identificadas; Sección El Salto	43
Ignimbrita Victoria 0	43
Ignimbrita Victoria I	43
Ignimbrita Victoria II	44
Análisis Petrográfico	44
Ignimbrita Victoria 0	46
Ignimbrita Victoria I	48
Ignimbrita Victoria II	58
Andesita	65
Oleada piroclástica	67
CAPÍTULO III	70
Correlación estratigráfica y petrográfica entre la sección Santa Catarina y El Salto:	70
Comparación de análisis petrográficos	77
Comparación con las ignimbritas de los campos volcánicos CVSLP y CVRSM	81
CAPÍTULO IV	84
Discusión e interpretación	84
CAPÍTULO V	88
Conclusiones	88
ANEXO, ESTUDIO PETROGRÁFICO	89
REFERENCIAS	147

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio, el recuadro de la izquierda muestra la localización de la Sierra Madre Occidental (Modificado de Aguirre-Díaz et al., 2008). El recuadro de la derecha indica la localización de los municipios donde se encuentra el área de estudio.....	2
Figura 2. Vías de Acceso a las zonas de estudio.....	3
Figura 3. Galleta ya cortada, limpia y secada por el soplete de aire comprimido.	5
Figura 4. Material utilizado para la preparación de la resina.	6
Figura 5. (a) Muestras ya niveladas y con su portaobjeto ya pegado. (b) Resultado de la galleta cortada. (c) Cortadora número 3, en la que se cortarán las galletas con el portaobjeto ya pegado.	7
Figura 6. Equipo Petro-Thin para desbastar las láminas delgadas hasta 60 micras.....	8
Figura 7. a) Visor de láminas. b) Abrasivo 400 listo para desbastar sin agua y con agua respectivamente.	8
Figura 8. Equipo utilizado para el análisis petrográfico y para obtención de fotografías.....	9
Figura 9. Muestra limpia dentro de charola de aluminio.....	10
Figura 10. Horno de secado con muestras dentro.	10
Figura 11. Prensa de trituración utilizada.....	11
Figura 12. a) Muestra ya triturada. b) Muestra triturada y tamizada. c) Muestra embolsada y etiquetada.	12
Figura 13. Molino listo para pulverizar.	13
Figura 14. Geología regional de los municipios de Santa Catarina y Tierra Blanca (INEGI, 2005).....	17

Figura 15. Columna estratigráfica del Campo Volcánico de San Luis Potosí (CVSLP), modificada de (López-Loera et al., 2013).....	19
Figura 16. Composición de imagen de satélite sobre el modelo digital de elevación del CVSLP, localización del Complejo Volcánico Sierra San Miguelito y Complejo Volcánico Santa María, columnas geológicas compuestas, modificada de Tristán-González et al., 2009.....	20
Figura 17. Mapa de localización de las muestras de la sección Santa Catarina, Santa Catarina.	22
Figura 18. Afloramiento del punto #1 de la sección Santa Catarina, contacto entre conglomerado e ignimbrita Victoria I.....	23
Figura 19. Afloramiento del punto #4 de la sección Santa Catarina, ignimbrita Victoria II con exfoliación concéntrica.....	24
Figura 20. Columna estratigráfica compuesta de la Sección Santa Catarina, de Santa Catarina, Gto.	30
Figura 21. Mapa de localización de las muestras de la sección El Salto, Tierra Blanca.	32
Figura 22. Afloramiento del punto #1 de la sección El Salto, ignimbrita con fiamme.....	33
Figura 23. Afloramiento del punto #4 de la sección El Salto, base de la ignimbrita columnar; Victoria II.....	34
Figura 24. Afloramiento del punto #4 de la sección El Salto, contacto entre ignimbrita Victoria 0 y oleadas piroclásticas.....	38
Figura 25. Afloramiento del punto #21 de la sección El Salto, contacto entre andesita e ignimbrita Victoria I.....	40
Figura 26. Columna estratigráfica compuesta de la Sección El Salto, de Tierra Blanca, Gto.....	42
Figura 27. Vista panorámica de la sección El Salto, en el municipio de Santa Catarina, donde se observa la ignimbrita Victoria I y la ignimbrita	

Victoria II; se pueden diferenciar ya que la ignimbrita Victoria II tiene sus juntas de enfriamiento muy características, mientras la ignimbrita Victoria I se encuentra debajo teniendo de referencia el escarpe que sobresale en la vegetación.	43
Figura 28. Fotomicrografía de la muestra SA67-2. A la izquierda con nicoles cruzados, a la derecha con luz paralela (a) Piroxeno en color rojo, (b) micas como la biotita en color naranja, (c) feldespatos potásicos con macla tipo Carlsbad en una matriz cristalina de grano fino.	46
Figura 29. Fotomicrografías de la lámina SA67-3.	47
Figura 30. Fotomicrografía de la lámina SA67-4 (a) Pómez, (b) cuarzo, (c) reemplazamiento de cuarzo y (d) feldespatos potásicos, sobre una matriz vítrea.	48
Figura 31. Fotomicrografías de la lámina SA49-2019, a la izquierda con nicoles cruzados y a la derecha sin nicoles cruzados.	49
Figura 32. Fotomicrografías de la lámina SA51-2019.	50
Figura 33. Fotomicrografías de la lámina SA53-2019, a la izquierda con nicoles cruzados y a la derecha sin nicoles cruzados.	51
Figura 34. Fotomicrografías de la lámina SA66-1.	52
Figura 35. Fotomicrografías de la lámina SA66-2, a la izquierda con nicoles cruzados y a la derecha con luz paralela.	53
Figura 36. Fotomicrografías de la lámina SA66-3, a la izquierda con nicoles cruzados y a la derecha con luz paralela.	54
Figura 37. Fotomicrografías de la lámina SA67-7.	55
Figura 38. Fotomicrografías de la lámina SA67-8.	56
Figura 39. Fotomicrografías de la lámina SA67-9.	56
Figura 40. Fotomicrografías de la lámina SA67-11.	57
Figura 41. Fotomicrografías de la lámina SA67-12.	58

Figura 42. Fotomicrografías de la lámina SA39-1, a la izquierda con nicoles cruzados y a la derecha sin nicoles cruzados.	59
Figura 43. Fotomicrografías de la lámina SA39-2, a la izquierda con nicoles cruzados y a la derecha sin nicoles cruzados.	60
Figura 44. Fotomicrografías de la lámina SA39-3.	61
Figura 45. Fotomicrografías de la lámina SA39-4.	62
Figura 46. Fotomicrografías de la lámina SA39-5.	63
Figura 47. Fotomicrografías de la lámina SA66-6, a la izquierda con nicoles cruzados y a la derecha sin nicoles cruzados.	64
Figura 48. Fotomicrografías de la lámina SA66-7.	65
Figura 49. Fotomicrografías de la lámina SA67-10.	66
Figura 50. Fotomicrografías de la lámina SA67-13.	67
Figura 51. Fotomicrografías de la lámina SA67-1.	68
Figura 52. Fotomicrografías de la lámina SA67-6.	69
Figura 53. Mapa índice del área de estudio (polígono con línea roja); en la porción oriental del estado de Guanajuato. Coordenadas UTM WGS84 en imagen de Google Earth.	71
Figura 54. Correlación del sector Santa Catarina.	72
Figura 55. Correlación del sector El Salto.	73
Figura 56. Correlación entre sector Santa Catarina (SA39-3) y sector El Salto (SA66-5).	74
Figura 57. Correlación estratigráfica de ambas secciones.	77
Figura 58. Petrografía de la ignimbrita Victoria I, donde la clave SA67-12 corresponde al sector El Salto y la clave SA49-2019 es del sector.	79
Figura 59. Petrografía de la ignimbrita Victoria II, donde la clave SA66-6 corresponde al sector El Salto y la clave SA39-1 es del sector.	81

Figura 60. Ignimbrita Victoria II, se muestra las juntas de enfriamiento (estructura columnar) que nos indica que es mayormente soldada. 85

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Geología de Santa Catarina, Guanajuato.	15
Tabla 2. Geología de Tierra Blanca, Guanajuato.	16
Tabla 3. Unidades litológicas de la sección Santa Catarina.	31
Tabla 4. Unidades litológicas de la sección El Salto.	44
Tabla 5. Comparación de las características de afloramientos de la ignimbrita Victoria I.	75
Tabla 6. Comparativa de características de afloramientos de la ignimbrita Victoria II.	76
Tabla 7. Comparación de características de los análisis petrográficos de la ignimbrita Victoria I.	78
Tabla 8. Comparación de características de los análisis petrográficos de la ignimbrita Victoria II.	80

RESUMEN

El área de estudio se localiza en la porción sur de la Sierra Madre Occidental (SMO), al noreste del estado de Guanajuato, en los municipios de Tierra Blanca y Santa Catarina con un área aproximada de 245 km². Se realizaron salidas de trabajo de campo para mapeo, muestreo y caracterización de los depósitos, y se elaboraron columnas estratigráficas para correlacionar los depósitos entre sí. Se tomaron 32 muestras para análisis petrográficos. La zona de estudio se dividió en dos áreas: Santa Catarina, ubicado en el municipio de Santa Catarina, y El Salto, localizado en el municipio de Tierra Blanca. Con los datos obtenidos se identificaron ignimbritas de grandes volúmenes que fueron nombradas como Victoria 0, Victoria I y Victoria II.

En la sección Santa Catarina se identificaron ignimbritas gigantes identificadas como Victoria I y Victoria II. Victoria I, cubre depósitos de oleadas piroclásticas; es una ignimbrita gris y en ocasiones rosa; contiene fenocristales de cuarzo, sanidino, biotita, plagioclasa. Esta soldada con presencia de fiamme y textura eutaxítica. La ignimbrita Victoria II tiene un grado alto de soldamiento y desarrolló columnas por enfriamiento, bien desarrolladas que la caracterizan. Es una ignimbrita gris-azulado y café, con fenocristales de cuarzo, sanidino y plagioclasa. Estas 2 ignimbritas presentan cada una un vitrófiro basal negro, que conserva todavía vidrio en buen estado.

La sección El Salto se caracteriza por tener 3 ignimbritas. La primera es la Ignimbrita 0 (cero), que sólo se observa en esta localidad. La Ignimbrita 0 está intensamente soldada, con presencia de fiamme. Contiene fenocristales de cuarzo, sanidino y biotita. La Ignimbrita Victoria I tiene soldamiento de grado medio, con fiamme, y fenocristales de cuarzo, sanidino, plagioclasa y biotita. La Ignimbrita Victoria II es gris-morada, tiene alto grado de soldamiento, fiamme, desarrollo de columnas características, y fenocristales de cuarzo, sanidino y plagioclasa. Igual a la sección de Santa Catarina, en la sección El Salto ambas Victoria I y Victoria II presentan vitrófiros basales con vidrio negro fresco. Sobre la ignimbrita Victoria II, se encuentra una andesita.

Se encontró una correlación entre la sección Santa Catarina y la sección El Salto, a pesar de la ignimbrita Victoria 0.

INTRODUCCIÓN

Localización y vías de acceso:

El área de estudio se localiza en la parte sur de la Sierra Madre Occidental (SMO), en los municipios de Santa Catarina y Tierra Blanca del estado de Guanajuato, entre las coordenadas UTM Norte 2328000 y 2342000, y Este 371000 y 390000 (Fig. 1).

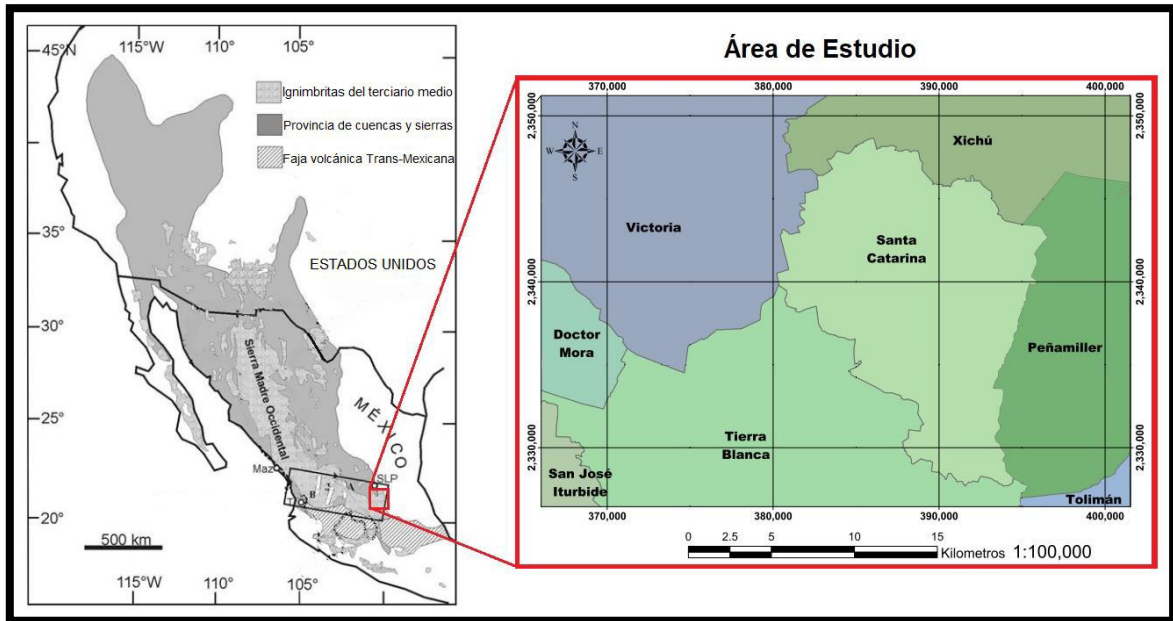


Figura 1. Localización del área de estudio, el recuadro de la izquierda muestra la localización de la Sierra Madre Occidental (Modificado de Aguirre-Díaz et al., 2008). El recuadro de la derecha indica la localización de los municipios donde se encuentra el área de estudio.

Guanajuato colinda al norte con los estados de Zacatecas y San Luis Potosí, al sur con el estado de Michoacán, al este con el estado de Querétaro y al oeste con el estado de Jalisco. Dentro del estado de Guanajuato se encuentra el municipio de Santa Catarina que colinda al norte con el municipio de Xichú, al sur con el municipio de Tierra Blanca, al oeste con el municipio de Victoria, y al este con el municipio de Peñamiller, este municipio es parte del estado de Querétaro.

Para llegar a las zonas estudiadas dentro del municipio de Santa Catarina se debe tomar la Calle 5 de Mayo, partiendo del poblado de Santa Catarina, a una distancia de 3.5 kilómetros, se toma la desviación a la izquierda y posteriormente a 1.5 kilómetros se ubica la base de la Sección 1, llamada Sección Santa Catarina (Fig. 2).

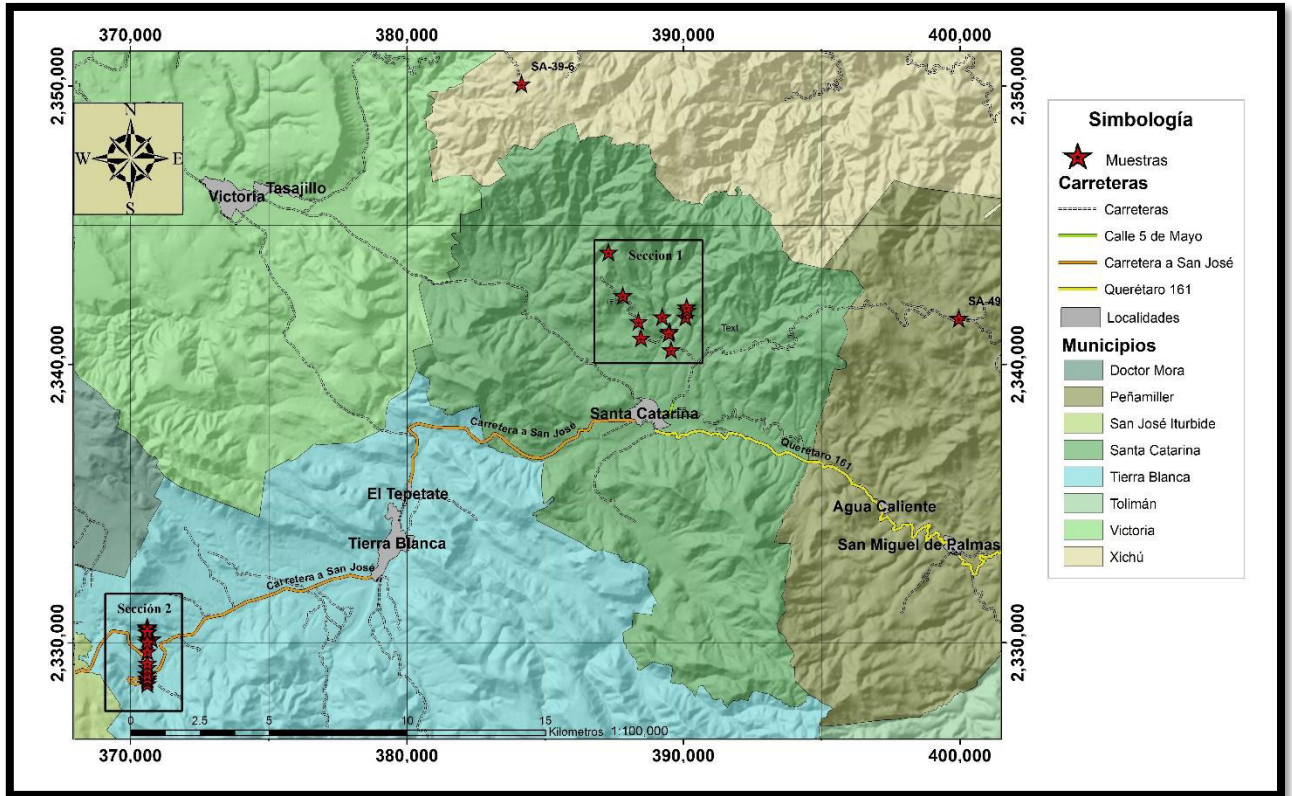


Figura 2. Vías de Acceso a las zonas de estudio.

Para llegar a la Sección 2, llamada El Salto, se toma la carretera a San José Iturbide y a 10 kilómetros de Tierra Blanca, se deja la carretera para internarse caminando por una vereda paralela al arroyo hacia la cascada El Salto. La base de la sección es la parte más baja topográficamente, y de ahí se asciende caminando por el escarpe formado por el arroyo (Fig. 2).

Trascendencia- impacto:

La Sierra Madre Occidental (SMO) está catalogada por ser la extensión más grande de ignimbritas del mundo (Aguirre-Díaz y Labarthe-Hernández, 2003). Parte de estas ignimbritas afloran en la región de Tierra Blanca y Santa Catarina, estado de Guanajuato y es necesario estudiarlas para comprender mejor su relación geológico-textural.

Las ignimbritas muestran columnas sorprendentes, fueron encontradas en la parte sur de la SMO. El área ha sido poco estudiada, por lo que hace falta detallar las características texturales de los depósitos y determinar la distribución, volumen y su edad.

El presente estudio aporta información nueva sobre la estratigrafía y petrografía de las ignimbritas poco conocidas del área, estos resultados se integrarán a la base de datos del proyecto geológico-volcánico de las ignimbritas del Terciario Medio de la zona.

Aspectos éticos- factibilidad del estudio:

El área de estudio es accesible a todo público, si hay algunas construcciones habitacionales aledañas a las zonas de estudio, pero no afectamos sus actividades en lo más mínimo, ya que solo es recopilación de información de campo (geológica-estructural) y muestras para los análisis a realizar.

Objetivo general

Definir la distribución espacial de las ignimbritas, así como sus características físicas y químicas, del área norte del municipio de Santa Catarina y la zona suroeste del municipio de Tierra Blanca, ubicados en el estado de Guanajuato, mediante la caracterización geológica y petrográfica de los depósitos.

Objetivos específicos

- Mapear las ignimbritas en la región de Santa Catarina y Tierra Blanca, Guanajuato, y elaborar las columnas estratigráficas.
- Muestrear las rocas para su estudio en el laboratorio.
- Describir macroscópica las muestras de mano.
- Elaborar láminas delgadas de las muestras para el análisis petrográfico.

Metas

- Realizar trabajo de campo.
- Elaborar secciones estratigráficas que contengan las ignimbritas.
- Muestreo de rocas para análisis petrográficos y características físicas.
- Realizar la tesis sobre este estudio.
- Aportar esta información a la base de datos del proyecto científico sobre esta región.

Metodología:

Análisis bibliográfico

Lecturas de trabajos previas de la zona de estudio.

Trabajo de campo

Para el desarrollo de la presente tesis se tuvieron 4 salidas a campo en los municipios de Santa Catarina y Tierra Blanca, de tal manera que en cada afloramiento donde había cambio de litología se tomaron las coordenadas en UTM (Universal Transversal de Mercator), así como las características mesoscópicas para reconocer el área de estudio y obtener datos para la elaboración del mapa geológico y elaboración de secciones

estratigráficas se reconocieron 3 unidades de ignimbritas; Victoria 0, Victoria I y Victoria II. Se colectaron 34 muestras de las cuales se realizaron 27 láminas delgadas.

Trabajo de laboratorio

1. Elaboración de láminas delgadas

Se seleccionaron muestras representativas para su estudio con el microscopio petrográfico. Para esto se elaboraron las láminas delgadas correspondientes en el taller de laminación del Centro de Geociencias de la UNAM, campus Juriquilla. Este trabajo de laminación fue una de las principales actividades en el desarrollo de esta investigación para la tesis. A continuación, se describe el procedimiento detalladamente.

Primero se debe obtener un fragmento fresco de la muestra colectada en campo para su proceso de laminación, siguiendo las instrucciones del personal del Taller de Laminación, se utiliza una sierra especial para cortar rocas, para obtener un prisma rectangular de aproximadamente las siguientes dimensiones 2.0 cm X 4.0 cm X 1.5 cm, las cuales son las medidas convencionales para el portaobjeto usado en petrografía. A este prisma se le llama habitualmente "Pastilla" o "Galleta". Para este paso se requiere del equipo de seguridad (lentes, sordinas). La galleta se lava con agua, se seca, y se eliminan los residuos utilizando un soplete de aire comprimido (Fig. 3). Posteriormente, se cubre la parte que se pegará al portaobjeto con una capa delgada de pegamento instantáneo "kola loka", epoxy, o similar. Lo anterior para disminuir la porosidad de nuestra muestra.



Figura 3. Galleta ya cortada, limpia y secada por el soplete de aire comprimido.

La pastilla es desbastada o rebajada poco a poco por la cara que será pegada al portaobjeto, utilizando la máquina para desbastar, para tener una superficie lisa que permita un buen resultado al momento de pegarla. Primero se utilizó el abrasivo 320 por unos 3-4 minutos, después se usó el abrasivo 400 por unos 2-3 minutos. Después de usar cada abrasivo se eliminaron los restos tanto de la pastilla como de la máquina. Los abrasivos pueden ser homogenizados con un poco de agua, esto para agilizar el desbaste. Pero si la pastilla es muy porosa, no se recomienda utilizar agua, porque se puede desintegrar la pastilla. La pastilla terminara de desbastarse sobre un vidrio utilizando una serie de abrasivos, del más grueso al más fino (600, 1000), para lograr un acabado de pulido tipo espejo.

Las muestras se lavan y con ayuda de un cepillo de dientes se le quitan los residuos de abrasivo, posteriormente se coloca en la plancha caliente para secar totalmente la muestra (15-20 min). Los portaobjetos que se ocupan son esmerilados, de tal manera que son opacados del lado que ira pegada a la superficie de la pastilla. Para pegar el portaobjeto a la pastilla utilizamos resina y la resina se prepara añadiendo 5gr de resina y 1gr de catalizador (Fig. 4), y se mezcla perfectamente por un tiempo de 2 minutos, se deja reposar la mezcla homogénea hasta que se elimine la mayor cantidad de burbujas. La cantidad obtenida rinde para aproximado de 10 pastillas.



Figura 4. Material utilizado para la preparación de la resina.

Se colocan las pastillas sobre un vidrio este deberá estar cubierto por un plástico transparente y se nivelan las pastillas con ayuda de papel de aluminio, así cuando se ponga el portaobjeto no se deslizará y quedará muy bien pegado a la superficie con terminación espejo. Se dejará secar la resina aproximadamente 17 horas. (Fig. 5a). Pasado el tiempo de secado de la resina, las pastillas se vuelven a cortar para obtener un espesor de 4mm (Fig. 5b), esto se hará en la cortadora especial (Fig. 5c).

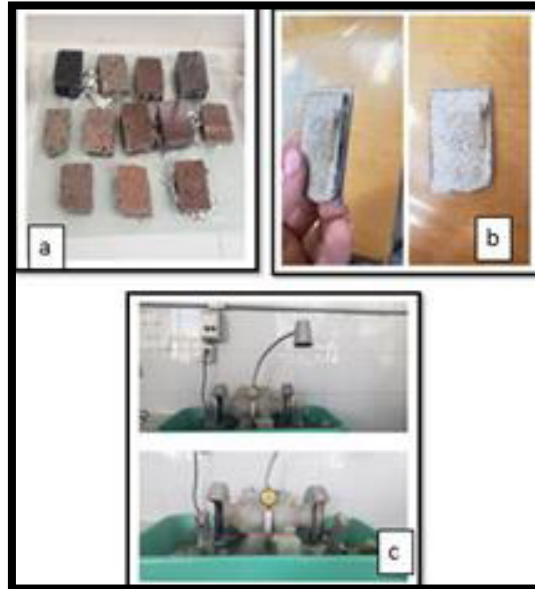


Figura 5. (a) Muestras ya niveladas y con su portaobjeto ya pegado. (b) Resultado de la galleta cortada. (c) Cortadora número 3, en la que se cortarán las galletas con el portaobjeto ya pegado.

Teniendo la galleta pegada al portaobjeto ya cortada, se debe desbastar en la máquina desbastadora (Petro Thin) hasta llegar a un espesor de muestra aproximado 60 micras (Fig. 6). Terminando este paso se le escribe el número de muestra en un extremo del portaobjeto.



Figura 6. Equipo Petro-Thin para desbastar las láminas delgadas hasta 60 micras.

Esto se hizo manualmente sobre un vidrio con movimientos circulares y en forma de ocho. Con ayuda del visor de imágenes (Fig. 7a) empezamos utilizando el abrasivo adecuado para el desbaste; si en el visor de láminas se observan colores verdes-azules se utiliza el abrasivo 400 (Fig. 7b), en cuanto veamos colores con tonalidades de rosas-morados se cambia al abrasivo 600, pasando estas tonalidades se ven colores anaranjados-amarillos y se continúa desbastando con abrasivo 1000, hasta ver colores de grises-blancos; el paso final se realiza con el abrasivo 1000 y se revisa en el microscopio petrográfico ya que resaltarán los colores grises-blancos.

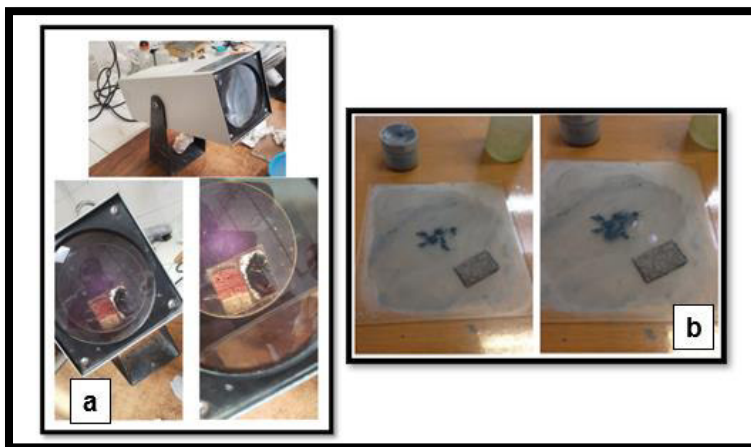


Figura 7. a) Visor de láminas. b) Abrasivo 400 listo para desbastar sin agua y con agua respectivamente.

Nota: En cada cambio de abrasivo se deberá lavar el vidrio de trabajo, esto para que no quede residuos del abrasivo anterior.

Al finalizar una lámina delgada se le graba su etiqueta o código, en la parte inferior del lado opuesto a la muestra, esto para evitar desprenderla. Este procedimiento fue repetido para cada una de las 27 muestras.

2. Análisis petrográfico

El análisis petrográfico se llevó a cabo en el laboratorio de Vulcanología del Centro de Geociencias de la UNAM, campus Juriquilla. Se utilizó un microscopio petrográfico marca Nikon, para describir la textura, su matriz, el porcentaje de minerales, microestructuras, alteraciones, de las 32 muestras. Utilizando el objetivo 2x, 4x, 10x y 40x dependiendo de las necesidades de cada lámina. Finalmente, se tomaron fotomicrografías de la lámina delgada, asegurándose de identificar cada imagen con la clave de la muestra correspondiente (Fig. 8).



Figura 8. Equipo utilizado para el análisis petrográfico y para obtención de fotografías.

3. Trituración y molienda

Al entrar al laboratorio de trituración y molienda es necesario lavarse bien las manos, para evitar contaminar muestras, si es posible utilizar guantes de látex.

Ya seleccionada la muestra a triturar para seleccionar circones para datación, se limpia, quitándole las partes más intemperizadas y aplicando aire comprimido con el soplete, y colocando la muestra en una charola de vidrio pyrex o de aluminio previamente limpiada con acetona (Fig. 9).



Figura 9. Muestra limpia dentro de charola de aluminio.

Después se corta papel aluminio, se le hacen varias perforaciones para que el agua que pueda contener la muestra se evapore y tarde menos en secarse. Se cubre la charola con el papel aluminio para evitar contaminación, y se etiqueta para evitar confundir la muestra. Después se debe meter la charola al horno por un tiempo de 12 horas a una temperatura de 90° C (Fig. 10).



Figura 10. Horno de secado con muestras dentro.

Pasado el tiempo de secado, se lleva la muestra al cuarto de trituración, el cual debe haber sido previamente limpiado con acetona y papel desechable nuevo. Lo anterior, para que no queden residuos de otras muestras que puedan contaminar la muestra a triturar (Fig. 11).



Figura 11. Prensa de trituración utilizada.

Teniendo el área limpia al igual que los accesorios a utilizar como la brocha, el tamiz del número 4 y el recogedor, se coloca una barrera de plástico protectora alrededor de la plancha para evitar que salgan esquirlas disparadas que pueden lastimar al usuario. La muestra se pone sobre el disco de la prensa, debajo del disco puede ponerse una hoja nueva de papel de estraza para que sea más fácil al momento de limpiar. Luego se coloca la barrera de plástico protector y con cuidado se baja la palanca de la máquina, sin sobrepasar una presión de 95 kg/cm^2 . La roca comienza a triturarse y este paso se repite las veces necesarias, hasta que el material obtenido pase por el tamiz número 4, finalmente es embolsado, con su respectiva etiqueta (Fig. 12).

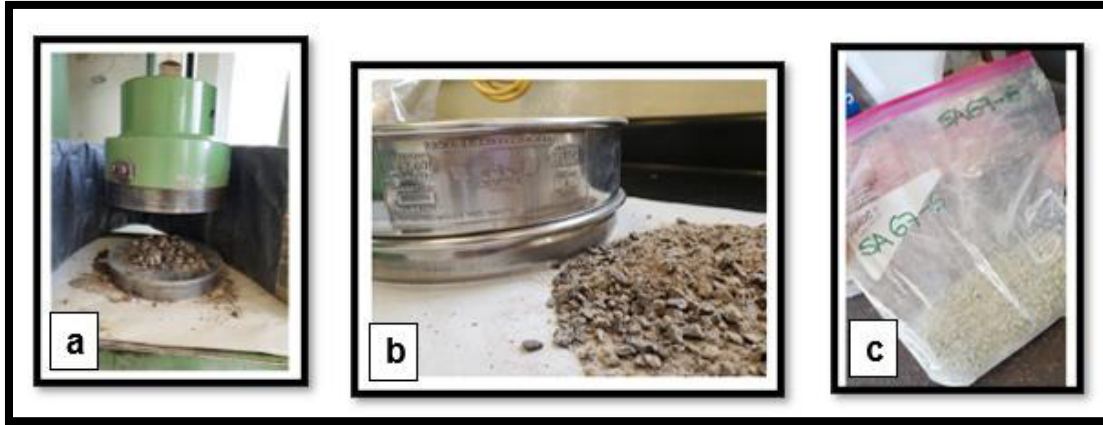


Figura 12. a) Muestra ya triturada. b) Muestra triturada y tamizada. c) Muestra embolsada y etiquetada.

4. Pulverizado con molino shatter-box

Para pulverizar las muestras ya trituradas. El siguiente instrumento a utilizar después de la trituración es el molino "shatter box", ubicado en otro cuarto con control especial de acceso para evitar la contaminación por partículas de polvo de los demás cuartos del taller de molienda.

El plato utilizado para el pulverizado es de cerámica de alúmina, que tiene una dureza Mohs de 9, es decir, a un dígito de la dureza máxima de 10 que es el diamante.

De esta manera se garantiza que se pulvericen correctamente todos los componentes de la muestra, y se evita la contaminación al no utilizar platos de Carburo de Tungsteno o de acero, los cuales contaminarían la muestra con Fe, W, Cr, Ni, y demás elementos de estas aleaciones. En el uso de la "shatter box" se siguieron las indicaciones establecidas para el óptimo funcionamiento y protección del usuario, las cuales son de la siguiente manera (Fig. 13). Para comenzar se tiene que limpiar el área de trabajo con acetona y se seca con papel, y se cubre con plástico transparente (papel film) para evitar que la muestra se contamine. Debemos poner la muestra triturada en el plato sin sobrepasar los límites de 80gr o bien 40 ml. Se coloca el plato con la muestra, en el molino. Se debe poner el brazo del seguro, asegurarse de que la campana asiente perfectamente y quede bien nivelada y se coloca el seguro. Al encender el molino, no se deja que trabaje más de 5 minutos.

Pasado el tiempo, se apaga la "shatter box", se le quitan los seguros. Se toma una pequeña cantidad homogénea y representativa, la cual se tamiza utilizando la malla -200. Si no pasa todo el material de esta pequeña muestra, se repite el proceso de molienda y la muestra

tamizada se desecha para evitar contaminación por el paso por la malla. Si es posible tamizar el material, se toma el plato y se coloca sobre una superficie plana, finalmente se vacía el material molido en recipientes con tapadera, estos pueden ser de plástico o vidrio y se etiquetan los recipientes.



Figura 13. Molino listo para pulverizar.

Trabajo de gabinete

Se elaboraron los mapas geológicos de las dos áreas de estudio, se interpretaron los datos de campo y de los análisis petrográficos y se correlacionaron las columnas estratigráficas para determinar las características de las unidades litológicas y su distribución. Al final se redactó el manuscrito de la tesis.

CAPÍTULO I

Características generales de las ignimbritas de la Sierra Madre Occidental

La Sierra Madre Occidental (SMO) es una provincia volcánica terciaria caracterizada por grandes volúmenes de ignimbritas silíceas y ha sido catalogada como la provincia ignimbrítica más grande del mundo (Aguirre-Díaz y Labarthe-Hernández, 2003). Es el resultado de diferentes episodios magmáticos y tectónicos durante el Cretácico-Cenozoico, asociados a la subducción de la placa Farallón debajo de la placa de Norteamérica (McDowell y Keizer, 1977; McDowell y Clabaugh, 1979; Ward, 1995). En 2003, Aguirre-Díaz y Labarthe-Hernández, propusieron una estimación del volumen de las ignimbritas de la SMO de 393,000 km³. Pero, si se incluyen otras áreas en México con ignimbritas terciarias medias, como los afloramientos del este de Chihuahua u otros al sur del Cinturón Volcánico Mexicano, la estimación de volumen aumenta a 587,000 km³, (Aguirre-Díaz y Labarthe-Hernández, 2003).

Se ha propuesto que el episodio principal del vulcanismo ignimbrítico llamado brote de ignimbrita o *Ignimbrite Flare-Up* fue entre 38 y 25 Ma. (McDowell y Clabaugh, 1979), pero estudios posteriores posicionan este evento entre los 40 y 20 Ma, con diferentes intensidades (Aguirre-Díaz y McDowell, 1992; Aguirre-Díaz et al. 2008). Las voluminosas ignimbritas de silicio de dichas edades están expuestas en el sur de Baja California (Hausback, 1984), Nayarit-norte de Jalisco (Scheubel et al., 1988; Moore et al., 1994; Nieto-Samaniego et al., 1999) y Guanajuato (Cerca-Martínez, 1998). En 1999, Nieto-Samaniego et al., documentaron que la mayor parte del vulcanismo silíceo en Guanajuato, San Luis Potosí y Zacatecas ocurrió entre 31 y 28 Ma.

Aguirre-Díaz y Labarthe-Hernández (2003), proponen que muchas ignimbritas de gran volumen de la SMO surgen de fisuras relacionadas con grabens y los sistemas de fallas que se encuentran asociados con la extensión del *Basin and Range*, que sirvieron como conducto para las ignimbritas y no de calderas típicas circulares u ovals, pues se necesitarían al menos 250 calderas y solamente se han identificado menos de 15 en esta provincia. Por lo que, en 2008, Aguirre Díaz et al., proponen el nombre de graben-caldera al colapso volcano-tectónico estructural para explicar la formación de ignimbritas de gran volumen.

En 2008, Aguirre-Díaz propone tres tipos de calderas de colapso. 1) Calderas de cumbre. 2) Calderas clásicas. 3) Graben calderas, y que los principales productos de graben calderas son depósitos de sobretensión y grandes volúmenes de ignimbritas. Entre algunos de sus ejemplos está la provincia de la SMO.

Aguirre-Díaz et al. (2008), mencionan que la SMO está compuesta principalmente de 3 paquetes volcánicos. El primer paquete es una secuencia volcánica-plutónica inferior del Cretácico al Terciario Inicial. El segundo paquete es grueso compuesto de ignimbritas riolíticas alta en sílice. El tercer paquete es un conjunto del Mioceno Superior de basaltos y andesitas.

Geología del área de Tierra Blanca y Santa Catarina

El estado de Guanajuato corresponde en su mayoría a la parte fisiográfica de la SMO y de acuerdo a la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la geología de los municipios de Santa Catarina (Tabla 1) y de Tierra Blanca (Tabla 2) es predominantemente de tipo ígnea extrusiva con un basamento de tipo sedimentario.

Tabla 1. Geología de Santa Catarina, Guanajuato.

Era	Periodo	Roca	%	
Cenozoico	Cuaternario	Aluvion	2.3	
	Neógeno	Sedimentaria	Arenisca-conglomerado	12.5
			Conglomerado	0.7
		Ígnea extrusiva	Riolita-toba	80
			Riolita	3.1
			Toba ácida	0.8
	Basalto	0.2		

Tabla 2. Geología de Tierra Blanca, Guanajuato.

Era	Periodo	Roca	%	
Cenozoico	Cuaternario	Aluvion	1.8	
	Neógeno	Sedimentaria	Arenisca	0.7
			Arenisca-conglomerado	5.8
		Ígnea extrusiva	Riolita-toba ácida	61.6
			Toba ácida	17.4
			Basalto	6.4
			Andesita	5.9
Riolita	0.1			

La figura 14 muestra el tipo y la distribución de las rocas de cada uno de los municipios del área de estudio.

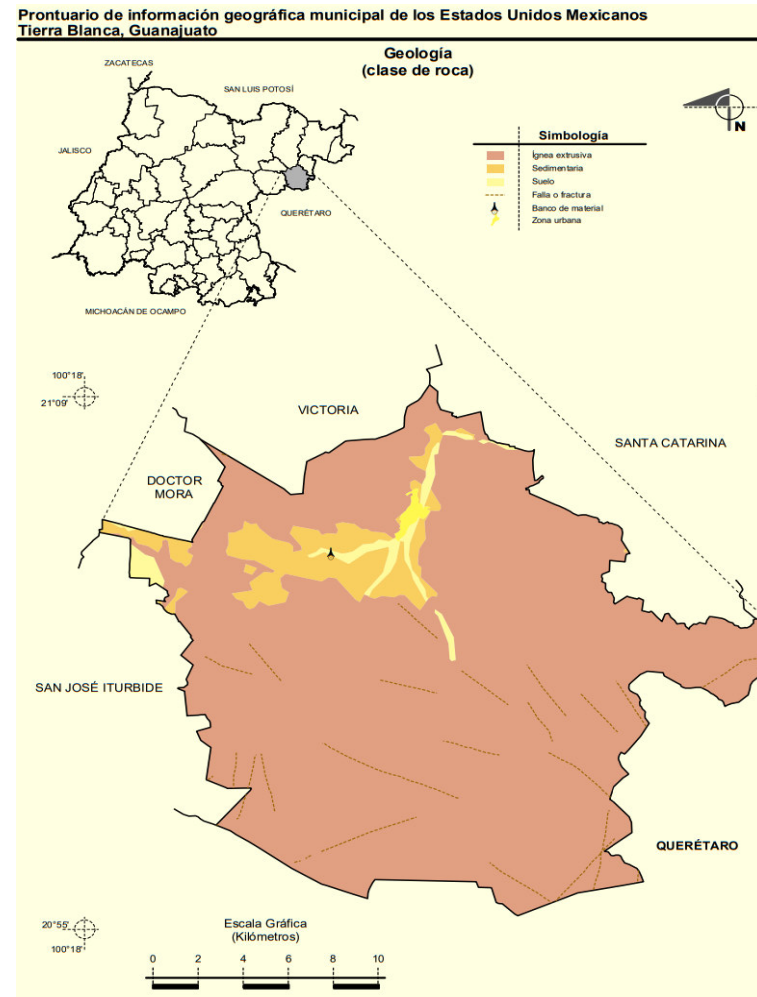
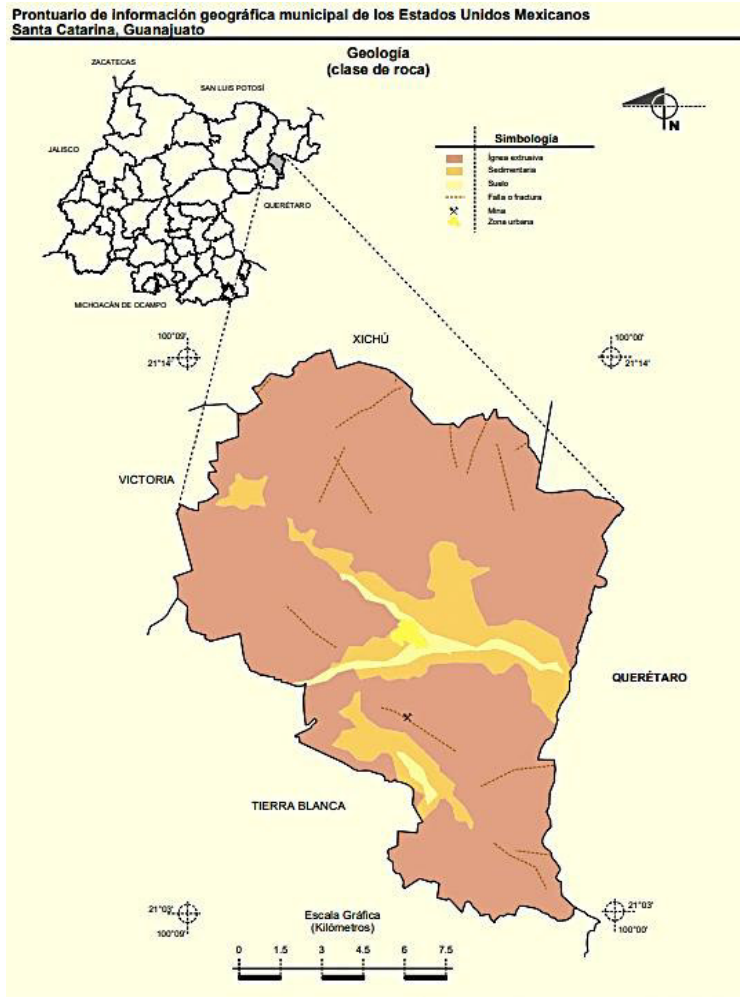


Figura 14. Geología regional de los municipios de Santa Catarina y Tierra Blanca (INEGI, 2005).

Estudios previos realizados cerca de la zona de interés, mencionan la presencia de los siguientes campos volcánicos:

Campo Volcánico de la Sierra de Guanajuato. Está formado por un paquete de rocas volcánicas de las cuales el 80 % es de carácter efusivo y el resto corresponde a productos piroclásticos asociados a la apertura de los conductos por donde después salieron las lavas, la composición química de las rocas varía de dacitas a riolitas y se emplazaron entre los 32 y 28 Ma (Labarthe-Hernández et al., 1982; Tristán-González, 1986).

Campo Volcánico de San Luis Potosí (CVSLP). Este campo fue propuesto por Labarthe-Hernández et al. (1982), y se localiza en la provincia morfotectónica de la Sierra Madre Oriental (Guzman y de Cserna, 1963), dentro de la zona conocida como Mesa Central (Raisz, 1964), que se encuentra entre la SMO y la Sierra Madre Oriental y en la parte septentrional del Cinturón Volcánico Mexicano. El CVSLP está conformado por 6 complejos volcánicos: Complejo Volcánico Aqualulco, Complejo Volcánico Pinos, Complejo Volcánico Villa Hidalgo, Complejo Volcánico La Repartición, Complejo Volcánico Sierra San Miguelito y Complejo Volcánico Santa María, este último complejo pertenece a la parte occidental del Campo Volcánico Río Santa María (Tristán-González et al., 2009) (Fig. 16). La secuencia volcánica general del CVSLP sobreyace discordantemente al basamento de caliza, marga, lutita y arenisca del Cretácico Superior, Formación Cenicera que es un depósito de conglomerado bien consolidado, con fragmentos de caliza, arenisca, pedernal y algunos de rocas volcánicas, soportados en una matriz de arena (Lopez-Loera y Tristán-González, 2013) y sobre este se encuentran la Ignimbrita Santa María; es una roca color gris-café de textura porfirítica, con 25-30% de fenocristales de cuarzo > sanidino, con ferromagnesianos alterados a óxidos de hierro, con líticos aislados color café algunos hasta de 0.5 cm, presenta pómez colapsada, con dos edades isotópica de 32.5 ± 0.8 y 31.3 ± 0.7 Ma. Traquita Ojo Caliente, Andesita, Riolita San Miguelito, Ignimbrita Cantera; es una roca de color café-rosáceo, de textura porfirítica. Su composición mineralógica es de fenocristales de cuarzo >> sanidino > biotita, con pómez abundante y un 5 % de líticos de color café en una matriz parcialmente desvitrificada. Los derrames con soldamiento alto poseen estructura columnar, con edad de $(29.0 \pm 1.5$ Ma) (Labarthe-Hernández et al., 1982). Riolita El Zapote, Riolita Panalillo, conglomerado, es predominantemente riolítica (lavas e ignimbritas) y cubre un área aproximada de 40,000 km² (Torres-Hernández, 2009; Tristán-González et al., 2009) (Fig. 15).

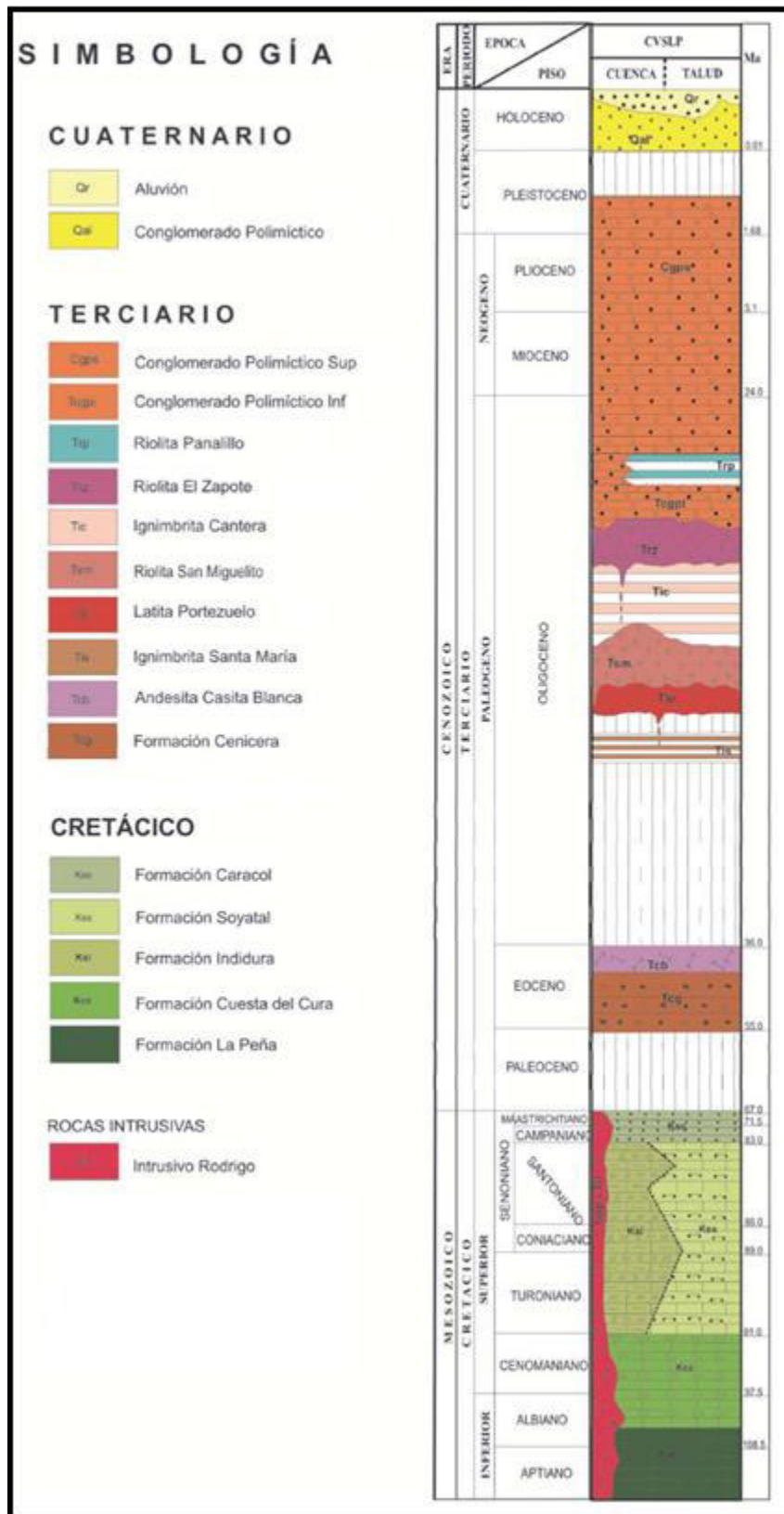


Figura 15. Columna estratigráfica del Campo Volcánico de San Luis Potosí (CVSLP), modificada de (López-Loera et al., 2013).

Campo Volcánico Sierra San Miguelito (CVSSM). Este campo se localiza en la zona meridional del estado de San Luis Potosí y se formó por varios derrames. El primer episodio se generó de los 32.7 a los 30.4 Ma (Tristán-González et al., 2009) y posteriormente se encuentran eventos del vulcanismo riolítico entre el Oligoceno tardío y Mioceno a los 27.4 Ma y 21.1 Ma, hay flujos piroclásticos de la ignimbrita Cantera e ignimbrita San José intercalados entre la riolita San Miguelito (Torres-Hernández et al., 2008). Otro derrame piroclástico riolítico del Oligoceno tardío de la Sierra de San Miguelito es la riolita Panalillo descrita por Labarthe-Hernández et al. (1982).

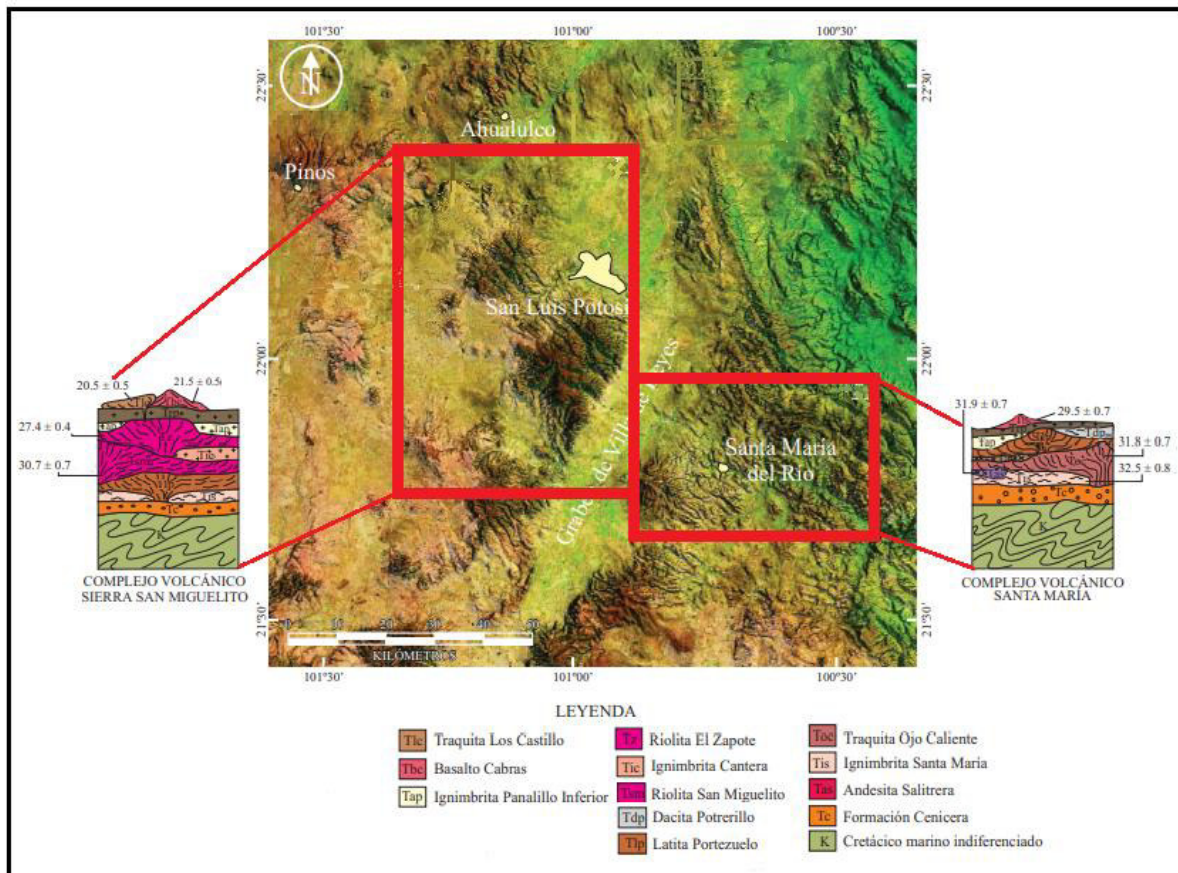


Figura 16. Composición de imagen de satélite sobre el modelo digital de elevación del CVSLP, localización del Complejo Volcánico Sierra San Miguelito y Complejo Volcánico Santa María, columnas geológicas compuestas, modificada de Tristán-González et al., 2009.

Campo Volcánico del Río Santa María (CVRSM). Se encuentra en el estado de San Luis Potosí, es el último campo volcánico al sureste de la SMO (Labarthe-Hernández et al., 1989), además es el campo volcánico más cercano al área de estudio ya que sus unidades se encuentran hasta el municipio de Victoria, Guanajuato. En este campo volcánico ocurrieron varios eventos desde el Oligoceno, que como resultado se tiene la formación de domos, coladas de lava y

depósitos piroclásticos, la formación de calderas y depresiones volcanotectónicas. Tiene un basamento de rocas marinas de la Formación Caracol, que es un depósito de caliza y arenisca, Formación Cenicera, que es un depósito de conglomerado bien consolidado, con fragmentos de caliza, arenisca, pedernal y algunos de rocas volcánicas, soportados en una matriz de arena y sobre este basamento se encuentran los depósitos de Ignimbrita Santa María, traquita Ojo Caliente, Andesita, Ignimbrita Panalillo, Riolita Panalillo, Basalto Cabras, conglomerado (López-Loera et al., 2013; Fig. 19). Dentro de este campo, en la parte sur, es donde se encuentra el área de estudio.

CAPÍTULO II

Geología del área de Tierra Blanca y Santa Catarina

Durante el trabajo de campo se hizo reconocimiento de la zona y se seleccionaron dos áreas en el municipio de Santa Catarina y Tierra Blanca. La primera lleva por nombre Sección Santa Catarina, donde se identificaron las ignimbritas Victoria I y Victoria II, y la segunda con el nombre de Sección El Salto, donde afloran las ignimbritas Victoria 0, Victoria I y Victoria II.

1) Sección Santa Catarina

La Fig. 17 muestra la ubicación de los afloramientos donde se recolectaron muestras para el estudio y elaboración de la columna estratigráfica compuesta en la sección Santa Catarina, que se realizó en la parte norte del municipio de Santa Catarina.

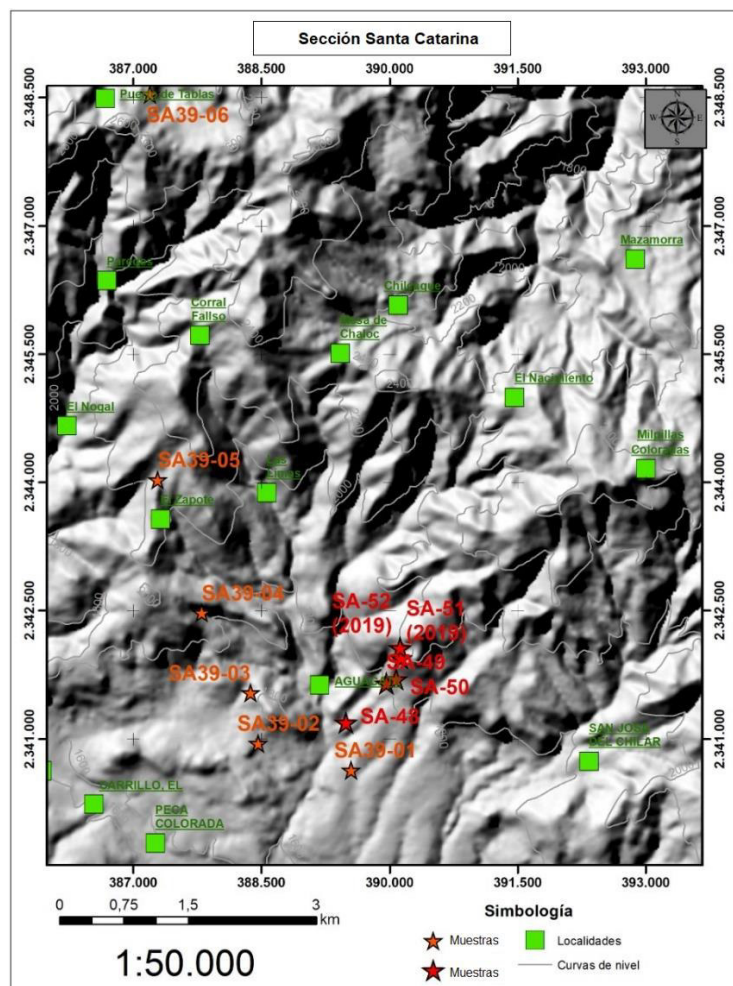


Figura 17. Mapa de localización de las muestras de la sección Santa Catarina, Santa Catarina.

Punto #1
14Q 389552
2340527
Z= 1686

En el afloramiento se observa un contacto entre conglomerado con bloques sub-redondeados y redondeados e ignimbrita bien soldada, de color gris-morado rica en cristales de plagioclasa, sanidina, cuarzo y óxidos en una matriz devitrificada. Esta ignimbrita tiene fiamme y pertenece a la ignimbrita Victoria I (Fig. 18), Se tomó una muestra de la ignimbrita con la clave SA39-1, para análisis petrográfico.



Figura 18. Afloramiento del punto #1 de la sección Santa Catarina, contacto entre conglomerado e ignimbrita Victoria I.

Punto #2
14Q 388465
2340952
Z= 1712

Se observa la cima de la ignimbrita de color café rojiza, con paleosuelo de caliche de 1m de espesor. Rica en cristales con un 35% de fenocristales, sanidino, cuarzo, en menor cantidad biotita, sin plagioclasa, que corresponde a la ignimbrita Victoria II. Afloramiento donde se tomó la muestra con la clave SA39-2, para la realización de análisis petrográfico.

Punto #4
14Q 388376
2341542
Z= 1755

Ignimbrita de color morado-rosa oscuro, altamente soldada, con cristales de plagioclasa, feldespato potásico y cuarzo, con una exfoliación concéntrica por cambios de temperatura. Este depósito corresponde a la ignimbrita Victoria II. Afloramiento donde se tomó la muestra con la clave SA39-3, para la realización de una lámina delgada (Fig. 19).



Figura 19. Afloramiento del punto #4 de la sección Santa Catarina, ignimbrita Victoria II con exfoliación concéntrica.

Punto #5
14Q 387805
2342477
Z= 1847

El afloramiento tiene una ignimbrita de color gris claro con cristales de cuarzo, feldespato potásico (sanidino), plagioclasa. Ignimbrita soldada, sin presencia de pómez ni fiamme. Corresponde a la ignimbrita Victoria II. Afloramiento donde se tomó la muestra para el análisis petrográfico con la clave SA39-4.

Punto #6
14Q 387605
2342348
Z= 1926

En el afloramiento la ignimbrita de color morado-rosa misma roca que SA39-3 con fenocristales grandes de plagioclasa. Que corresponde a la ignimbrita Victoria II. Afloramiento donde se tomó un punto de verificación para un control de la sección.

Punto #7
14Q 387222
2343708
Z= 2043

Se tomó un punto de verificación para un control de la sección, donde la ignimbrita de color morado-rosa misma roca que SA39-3 con exfoliación concéntrica, por cambios de temperatura, fenocristales grandes de plagioclasa. Que corresponde a la ignimbrita Victoria II.

Punto #8
14Q 387287
2344035
Z= 2073

En el afloramiento se observa una zona de vitrófiro o masa vítrea con una textura afanítica con fenocristales de plagioclasa con estructura plumosa, color gris oscuro. Corresponde a la ignimbrita Victoria I. Afloramiento donde se tomó la muestra con la clave SA39-5, y se realizó un análisis petrográfico.

Punto #9
14Q 387693
2345615
Z= 2303

Se encuentra la ignimbrita de color morado-rosa es la misma roca que SA39-3. Hay una falla con rumbo N73°E y echado 54°NW. Corresponde a la ignimbrita Victoria II. Afloramiento donde se tomó un punto de verificación para un control de la sección.

Punto #10
14Q 387965
2345794
Z= 2325

Se identificó un contacto entre la ignimbrita de color morado-rosa misma roca que SA39-3 con oleada piroclástica con un basculamiento de N55°E, 34°NW. Que corresponde a la ignimbrita Victoria II. Se tomó un punto de verificación para un control de la sección.

Punto #11
14Q 388270
2345509
Z= 2344

Punto de verificación para tener un control de la sección, donde se identificó en el afloramiento la oleada piroclástica que representa la base de la ignimbrita Victoria II.

Punto #12
14Q 388669
2345240
Z= 2299

En el afloramiento se observa la cima de la ignimbrita Victoria I, con intemperización y con exfoliación concéntrica. Donde se tomó un punto de verificación para un control de la sección.

Punto #13
14Q 388729
2345453
Z= 2313

Contacto entre la oleada piroclástica verdosa y la base de la ignimbrita Victoria II. Afloramiento donde se tomó un punto de verificación para un control de la sección.

Punto #14
14Q 389694
2348564
Z= 2472

Se tomó un punto de verificación para un control de la sección del contacto entre la oleada piroclástica verdosa y la ignimbrita Victoria II.

Punto #15
14Q 387197
2348544
Z= 2505

En Puerto de Tablas (Xichú) se observa la cima de la ignimbrita Victoria I. Donde se tomó un punto de verificación para un control de la sección.

Punto #16
14Q 384140
2350079
Z= 2582

Donde se tomó la muestra con la clave SA39-6. De la ignimbrita que esta poco soldada, de color rosa oscuro, rica en fenocristales de plagioclasa muy lechosa alterada, biotita en color negro y cuarzo. Y es equivalente a ignimbrita Victoria I.

Punto #17
14Q 382268
2352329
Z= 2570

Afloramiento donde se identificó la ignimbrita Victoria I, con foliación de flujo tipo capas con un rumbo N35°W, 21°SW. Se tomó un punto de verificación para un control de la sección.

Punto #18
14Q 389491
2341198
Z= 1685

Dique andesítico con un echado de 45°NW, que intrusiona a la ignimbrita Victoria I. Afloramiento donde se tomó la muestra con la clave SA-48, para la realización de análisis petrográfico.

Punto #19
14Q 389939
2341642
Z= 1798

Contacto entre aluvi3n y oleadas piroclásticas en estratos delgados en colores claros a gris, con un rumbo y echado de N35°E, 45°SW. Se tomó un punto de verificación para un control de la sección.

Punto #20
14Q 399963
2341655
Z= 1814

Ignimbrita Victoria I, en color rojizo con un contenido de 50% de cristales, cuarzo, biotita, feldespatos potásicos (sanidino), subyaciendo a las oleadas piroclásticas. Afloramiento donde se tomó la muestra con la clave SA-49, para la realización de su análisis petrográfico.

Punto #21
14Q 390077
2341702
Z= 1846

Se tomó la muestra con la clave SA-50, para la realización del análisis petrográfico. Se identificó la ignimbrita Victoria I, en color gris con fiamme, con un contenido del 40% de cristales, cuarzo, feldespatos potásicos (sanidino), biotita muy escasa.

Punto #22
14Q 390133
2341948
Z= 1941

Se identificó la ignimbrita Victoria I, en color gris, con un contenido del 35% de cristales, cuarzo, feldespatos potásicos (sanidino) de gran tamaño, biotita. Donde se tomó la muestra con clave SA-51, para la realización de su estudio petrográfico.

Punto #23
14Q 390119
2342061
Z= 1952

Domo dacítico de color gris, con cristales de cuarzo, plagioclasa no mayor a 0.5cm. Se encuentra sobre la ignimbrita Victoria I. Se tomó la muestra con la clave SA-52, para su análisis petrográfico.

Punto #24
14Q 389468
2341132
Z= 1697

Se identificó un dique dacítico con plagioclasa. Se tomó la muestra con la clave SA-53, para la realización de su análisis petrográfico.

Punto #25
14Q 389231
2341710
Z= 1736

Afloramiento donde se tomó la muestra con la clave SA-54, de la oleada piroclástica que se encuentra en la base de la ignimbrita Victoria I, para la realización de una lámina delgada para su análisis petrográfico.

Los datos obtenidos durante el trabajo de campo, permitieron elaborar la columna estratigráfica compuesta de la sección Santa Catarina (Fig. 20). Esta columna se compone de las siguientes unidades: en la base una ignimbrita de color gris-morada, soldada con fiamme. Sobreyace el caliche, que interrumpe al depósito de ignimbrita de color gris-morada. Sobre este depósito se identificó una oleada piroclástica, posteriormente se encuentra la ignimbrita Victoria I, que la subyace un vitrófiro brechoso, finalmente sobreyace la ignimbrita Victoria II. A todas estas unidades las atraviesa un dique dacítico.

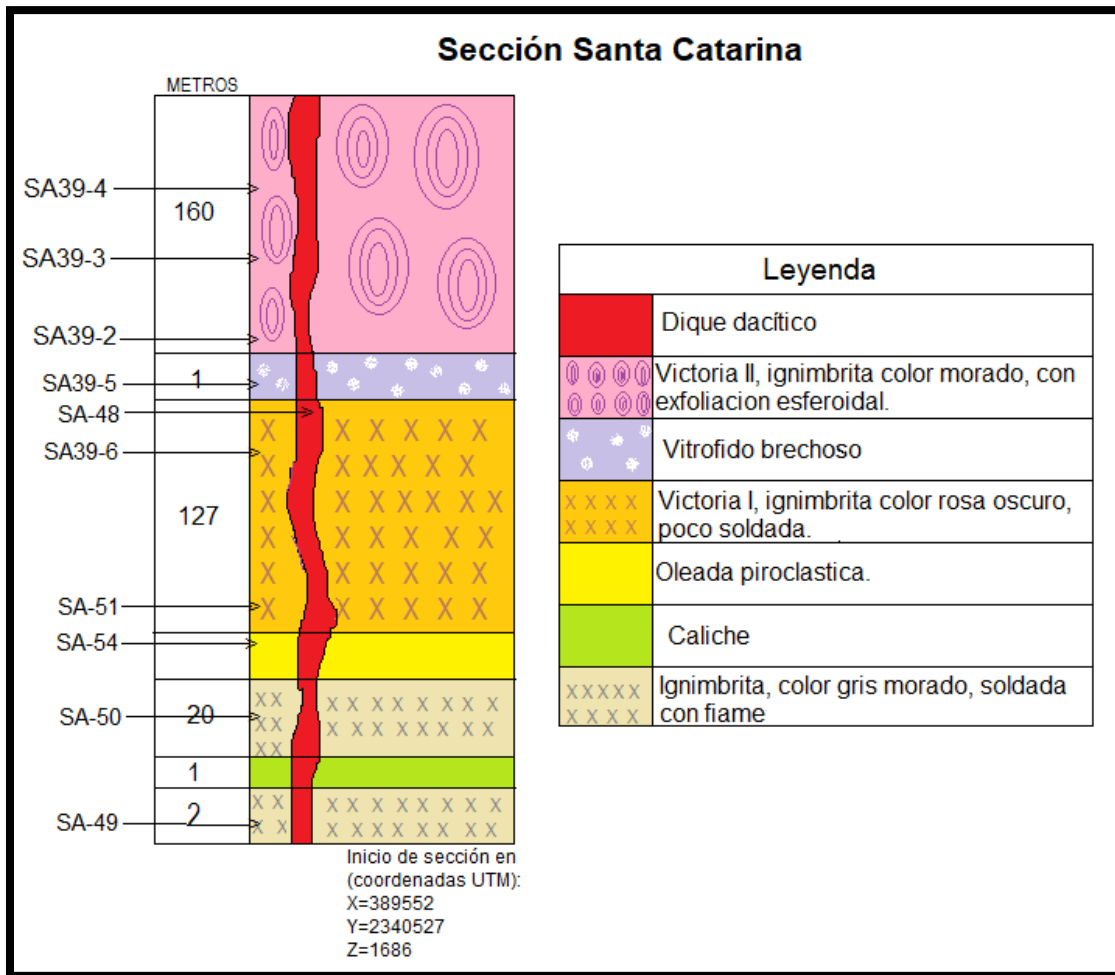


Figura 20. Columna estratigráfica compuesta de la Sección Santa Catarina, de Santa Catarina, Gto.

Unidades litológicas identificadas; Sección Santa Catarina

IGNIMBRITA VICTORIA I

Esta ignimbrita tiene un espesor de aproximadamente 190 m. es gris a rosa. El contenido de cristales varía de 35 a 50% de cuarzo> sanidino> plagioclasa> biotita. Tiene fiamme, y una estructura horizontal. Se encontró en los puntos 18, 20, 21 y 22 (Tabla 3).

IGNIMBRITA VICTORIA II

Esta ignimbrita cuenta con un espesor de 160 m. es rosa-morado, con exfoliación concéntrica. El porcentaje de cristales varía de 30 a 35% y las fases mineralógicas principales son

plagioclasa> cuarzo> sanidino. A diferencia de la ignimbrita Victoria I, no se observaron fiamme y tiene una estructura columnar. Se encontró en los puntos 1, 2,4,5,6 y 8 (Tabla 3).

Tabla 3. Unidades litológicas de la sección Santa Catarina.

Sección Santa Catarina				
Unidades Litológicas Identificadas				
Unidad	Características	Coordenadas UTM		
		X	Y	Z
Ignimbrita Victoria I	Color gris-rosa, presencia de fiamme, estructura horizontal, porcentaje de cristales de 35-50% de cuarzo, plagioclasa, sanidino, biotita.	399963	2341655	1814
		390077	2341702	1846
		390133	2341948	1941
Ignimbrita Victoria II	Color rosa-morado, con exfoliación concéntrica, estructura columnar, porcentaje de cristales de 30-35% de plagioclasa> cuarzo> sanidino.	389552	2340527	1686
		388465	2340952	1712
		388376	2341542	1755
		387805	2342477	1847
		387287	2344035	2073

2) Sección El Salto

La Fig. 21 muestra la ubicación de los afloramientos donde se recolectaron muestras para el estudio y las columnas estratigráficas en la sección El Salto, que se realizó en la zona suroeste del municipio de Tierra Blanca.

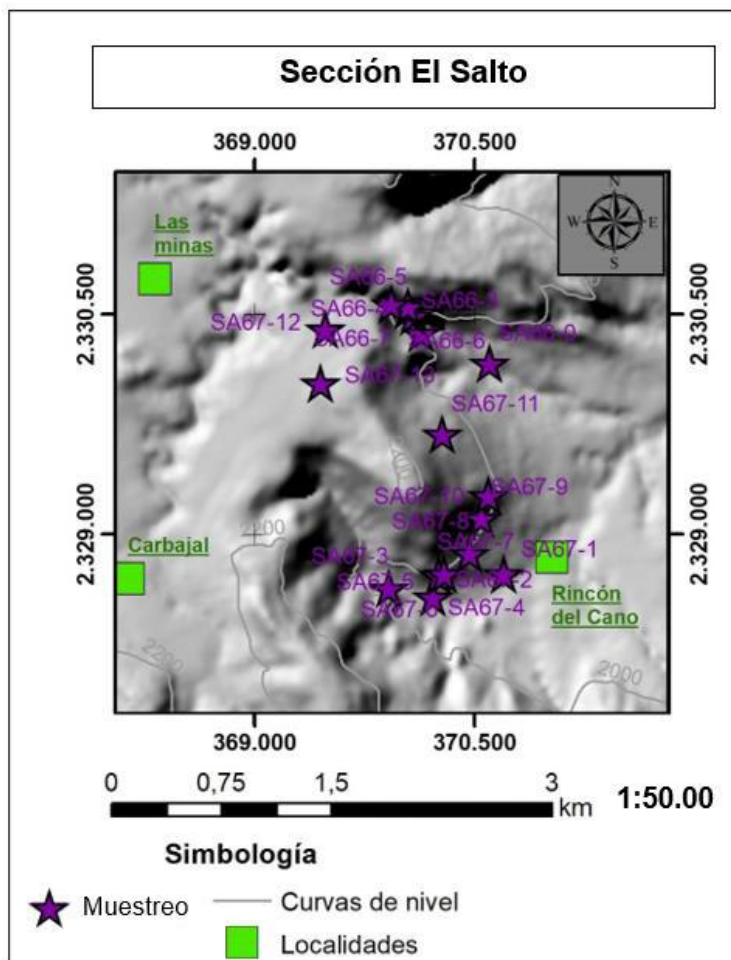


Figura 21. Mapa de localización de las muestras de la sección El Salto, Tierra Blanca.

Punto #1
 14Q 391811
 2202859
 Z= 1805

En el afloramiento se observa una ignimbrita color café-rojizo, rica en cristales cuarzo, feldespato potásico, poca plagioclasa, tiene un horizonte de fiamme de un espesor aproximado de 15-20cm (Fig. 22). Es una ignimbrita muy soldada. Afloramiento donde se tomó la muestra con la clave SA66-1, para la realización del análisis petrográfico.



Figura 22. Afloramiento del punto #1 de la sección El Salto, ignimbrita con fiamme.

Punto #2
14Q 391811
2202859
Z= 1805

Ignimbrita rosa-rojizo de alto grado, rica en cristales con un 50% fenocristales de cuarzo, feldespato potásico (sanidino) y plagioclasas. Ignimbrita con un basculamiento de N60°W, 15°NE. Se tomó la muestra con la clave SA66-2, para realizar su análisis petrográfico.

Punto #3
14Q 370601
2330143
Z= 1920

Se identificó un vitrófiro con fiamme de vidrio en color negro colapsado y zona de matriz de vidrio, esto subyace a la ignimbrita con la clave SA66-1. Afloramiento donde se tomó la muestra con la clave SA66-0, para la realización de una lámina delgada para su análisis petrográfico.

Punto #4
14Q 370136
2330369
Z= 1842

Ignimbrita parecida a la muestra SA66-1 con alteración, un porcentaje de fenocristales del 60% de los cuales son feldespatos potásicos (sanidinos), plagioclasas y cuarzo. Esta ignimbrita corresponde a la cima de la ignimbrita Victoria I. Se tomó la muestra con la clave SA66-3, para la realización su análisis petrográfico.

Punto #5
14Q 370078
2330487
Z= 1948

En el afloramiento se muestra (Fig. 23) la base de la ignimbrita columnar a la que nos referimos como Victoria II, de color café, algo manchada de color negro por intemperismo, ignimbrita soldada. Afloramiento donde se tomó la muestra con la clave SA66-4, para la realización de una lámina delgada y su análisis geoquímico

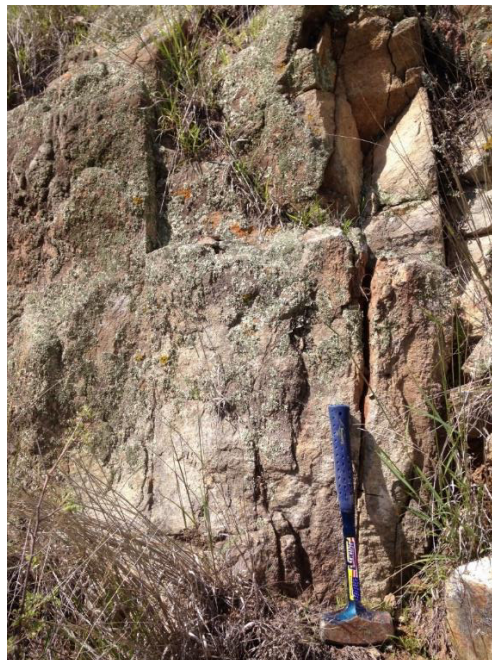


Figura 23. Afloramiento del punto #4 de la sección El Salto, base de la ignimbrita columnar; Victoria II.

Punto #6
370042
2330529
Z=1996

Zona de vitrófiro en la base de la ignimbrita columnar que es llamada Victoria II, el vitrófiro tiene un espesor aproximado de 3m, con su base alterada y arcillosa con cristales de cuarzo, plagioclasa ahumada y sanidina en vidrio tipo obsidiana. Se tomó una muestra con la clave SA66-5, para el análisis petrográfico.

Punto #7
14Q 370047
2330547
Z= 2032

Base de la ignimbrita columnar que es llamada Victoria II, arriba del vitrófiro. Donde se tomó la muestra con la clave SA66-6, para la realización del análisis petrográfico.

Punto #8
14Q 369931
2330564
Z= 1924

Se identifico un vitrófiro con un basculamiento de N60°W, 20°NE y la base de la ignimbrita columnar que es llamada Victoria II. Con la clave SA66-7, se tomó la muestra, para realizar análisis petrográfico.

Punto #9
14Q 370283
2330102
Z= 1970

Se identifica el vitrófiro brechoso y la ignimbrita Victoria I. Se tomó un punto de verificación para un control de la sección.

Punto #10
370380
2330342
Z= 1949

Donde se tomó un punto de verificación para un control de la sección, del contacto entre el vitrófiro brechoso y la ignimbrita Victoria I.

Punto #11
370397
2330143
Z= 1940

Se reconoce el vitrófiro brechoso, mismo que se encontró en el punto #9 con un basculamiento de N40°W, 15°NE. Se tomó un punto de verificación para un control de la sección.

Punto #12
14Q 370601
2330143
Z= 1920

Se identifica el vitrófiro brechoso correspondiente al vitrófiro del punto #9 y se tomó la muestra con la clave SA66-0, para su análisis petrográfico.

Punto #13
14Q 370669
2328714
Z= 1952

Oleada piroclástica sobre la ignimbrita Victoria 0, con un rumbo y echado de S80°W, 25°NW, con presencia de biotita, gradación inversa y estratificación cruzada, su matriz está formada por ceniza, cristales de cuarzo, biotita y sanidino. Para la realización de su análisis petrográfico, se tomó la muestra con la clave SA66-000.

Punto #14
14Q 370156
2328521
Z= 1958

Se identifica la ignimbrita Victoria 0, muy intemperizada de color café-pardo, que forma bloques encimados como remanentes. Tiene un alto grado de soldamiento, fiamme blancos alargados, con un 50% de cristales de los cuales la mayoría son cuarzo, sanidino, plagioclasa lechosa, biotita oxidada. Presenta alteración de sílice. Afloramiento donde se tomó la muestra con la clave SA67-2, para análisis petrográfico, esta ignimbrita se encuentra debajo de la ignimbrita Victoria I y Victoria II.

Punto #15
14Q 369912
2328632
Z= 1975

Se reconoce la ignimbrita Victoria II sobre la ignimbrita Victoria 0, que se encuentran en contacto discordante. Se muestra un bloque caído de las columnas, rico en cristales con un 50% de los cuales son cuarzo, sanidino, biotita oxidada, fiamme de tamaño medio. Se tomó la muestra con la clave SA67-3, para la realización del análisis petrográfico.

Punto #16
14Q 370601
2328708
Z= 1994

La figura 24 muestra el contacto entre la ignimbrita Victoria 0, en rosa-morado con las oleadas piroclásticas en beige-blanco con un rumbo de S30°E y un basculamiento de 20°NE. La ignimbrita tiene un porcentaje de cristales del 30% las fases minerales son: cuarzo, feldespatos potásicos, plagioclasas, micas oxidadas, en una matriz de ceniza devitrificada. Afloramiento donde se tomó la muestra con la clave SA67-4, para su análisis petrográfico.

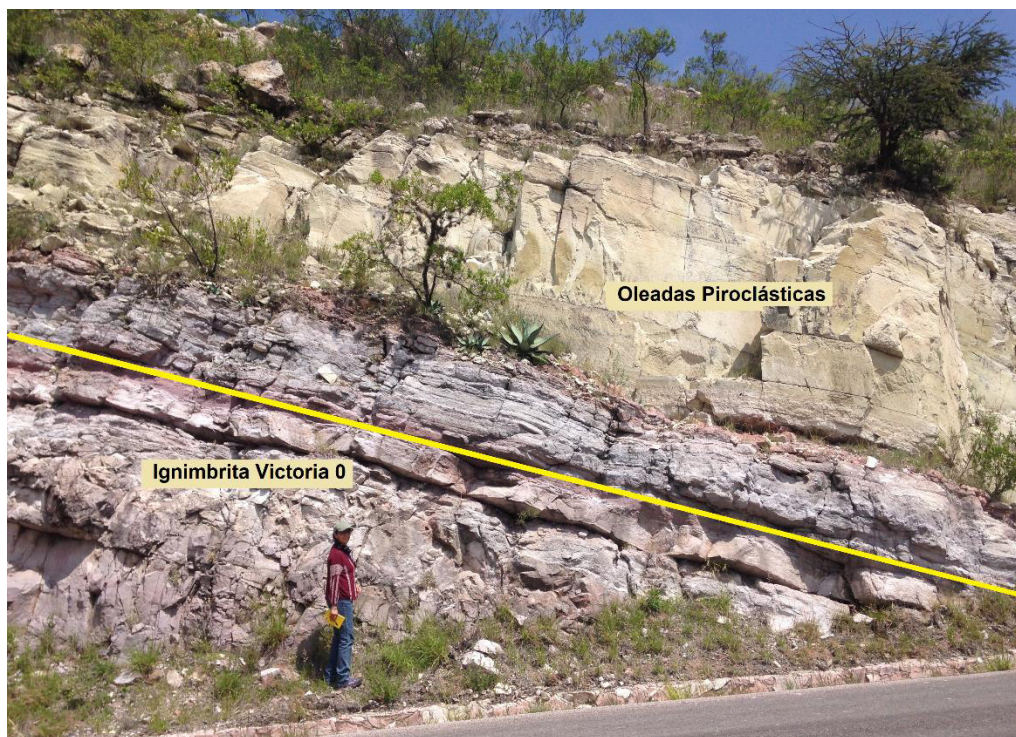


Figura 24. Afloramiento del punto #4 de la sección El Salto, contacto entre ignimbrita Victoria 0 y oleadas piroclásticas.

Punto #17
14Q 370601
2328708
Z= 1994

Oleada piroclástica con un espesor de 40 cm, en color gris, pobre en cristales y con óxidos. Afloramiento donde se tomó la muestra con la clave SA67-5, para la realizar análisis petrográfico.

Punto #18
14Q 370601
2328708
Z= 1994

Oleada piroclástica en capas delgadas en contacto concordante con oleada piroclástica de color gris rojizo. Sin soldar endurecido por efecto de humead, sin líticos, todo ceniza, con un espesor aproximado de 10 m. Pobre en cristales de los cuales se presentan cuarzo, sanidino, óxidos amorfos y pequeñas pómez. Afloramiento donde se tomó la muestra con la clave SA67-6, para hacer el análisis petrográfico.

Punto #19
14Q 370314
2328730
Z= 2001

Se identificó una ignimbrita de color blanca-crema, masiva sobre las oleadas piroclásticas, aproximadamente 30 m con un porcentaje de 5% de cristales de cuarzo, sanidino, biotita en una matriz de ceniza. Se tomó la muestra con la clave SA67-7, para la realización de su análisis petrográfico.

Punto #20
14Q 370466
2328868
Z= 1999

Ignimbrita Victoria I, con un alto contenido de plagioclasas, sanidino y en poca cantidad biotita, la ignimbrita está soldada y presenta un basculamiento con un rumbo N80°W, 15°NE. Se tomó la muestra con la clave SA67-8, para la realización de una lámina delgada y su análisis petrográfico.

Punto #21
14Q 370547
2329111
Z= 2020

En el afloramiento se observa (Fig. 25) el contacto entre andesita y la ignimbrita Victoria I, de color gris claro, pobremente soldada con un 10% de cristales. Los minerales identificados son: biotita, feldspatos potásicos, cuarzo y plagioclasa en una matriz de ceniza. Afloramiento donde se tomó la muestra con la clave SA67-9, para realizar su análisis petrográfico.



Figura 25. Afloramiento del punto #21 de la sección El Salto, contacto entre andesita e ignimbrita Victoria I.

Punto #22
14Q 370597
2329263
Z= 2033

Andesita de color gris, con textura porfídica, con cristales de plagioclasa ahumada, vetillas de sílice, y presenta una alteración clorítica. Esta andesita se encuentra sobre las ignimbritas. Afloramiento donde se tomó la muestra con la clave SA67-10, para el análisis petrográfico.

Punto #23
14Q 370277
2329682
Z= 2062

Ignimbrita Victoria I, en color gris, con un porcentaje del 45% de cristales en su mayoría es cuarzo, biotita, plagioclasa, sanidino, en una matriz vítrea. En el afloramiento se encuentra el

contacto entre la andesita y la ignimbrita Victoria I, donde se tomó la muestra con la clave SA67-11, para realizar análisis petrográfico.

Punto #24
14Q 369481
2330396
Z= 2128

Ignimbrita Victoria I, de color gris amarillento, con un porcentaje del 45% de cristales en su mayoría es cuarzo, biotita, plagioclasa, sanidino, tiene un basculamiento de N65°W, 30°NE. Se tomó la muestra con la clave SA67-12, para realizar su análisis petrográfico.

Punto #25
14Q 369449
2330028
Z= 2171

Se identificó una andesita con textura porfídica muy alterada, con fenocristales de piroxeno cloritizado, plagioclasa, vetillas de cuarzo secundario, clorita en matriz vítrea oscura. Afloramiento donde se tomó la muestra con la clave SA67-13, para la realización de análisis petrográfico.

Con los datos obtenidos en campo, se elaboró la columna estratigráfica compuesta de la sección El Salto (Fig. 26), en la cual podemos identificar las unidades litológicas teniendo una ignimbrita de color café-morada, nombrada Victoria 0, sobre ella descansa una oleada piroclástica y posteriormente la ignimbrita Victoria I (Fig. 27), sobre esta ignimbrita aparece un vitrófiro brechoso y en seguida la ignimbrita Victoria II (Fig. 27), en la parte superior descansa una andesita.

Sección El Salto

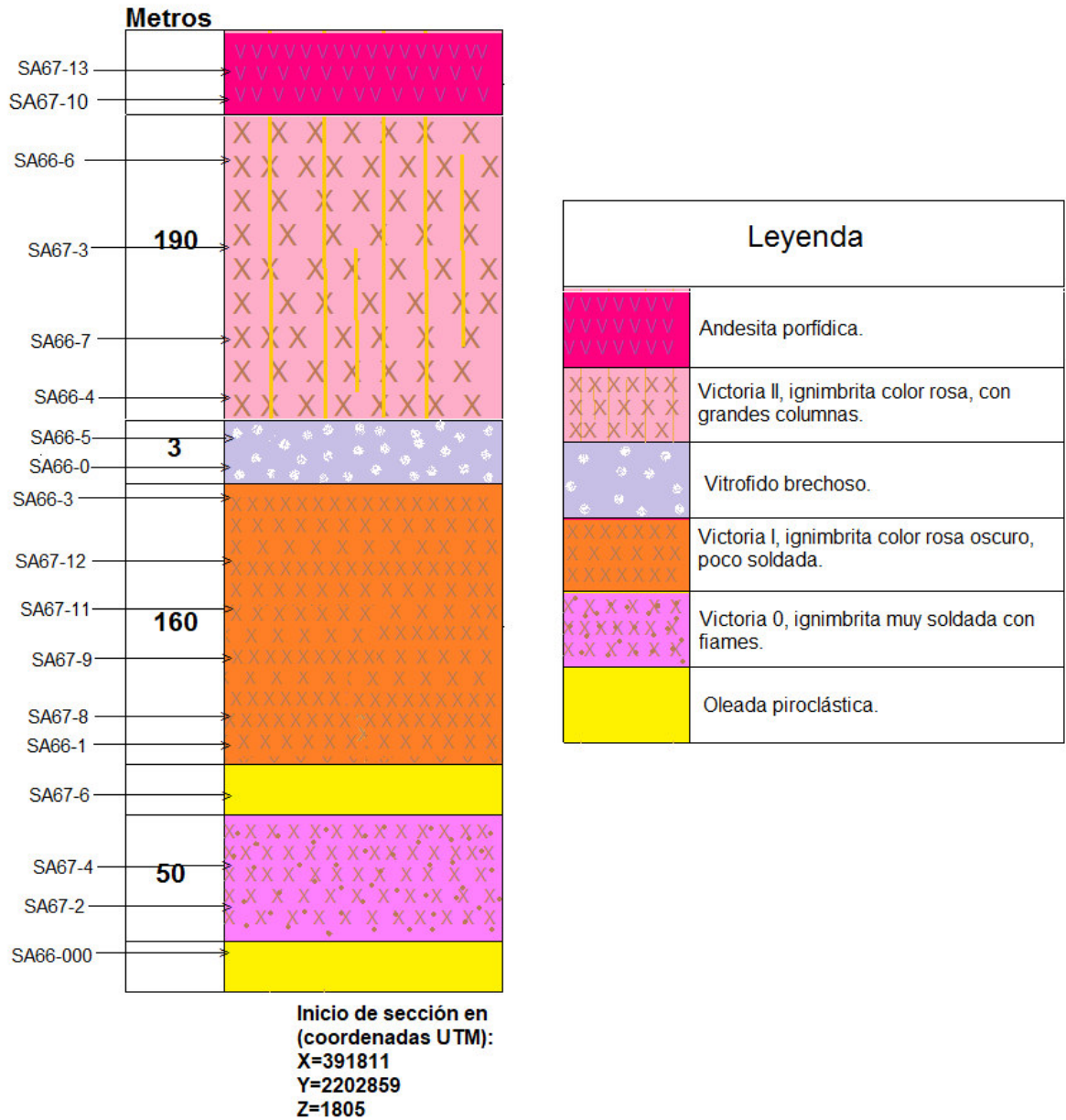


Figura 26. Columna estratigráfica compuesta de la Sección El Salto, de Tierra Blanca, Gto.



Figura 27. Vista panorámica de la sección El Salto, en el municipio de Santa Catarina, donde se observa la ignimbrita Victoria I y la ignimbrita Victoria II; se pueden diferenciar ya que la ignimbrita Victoria II tiene sus juntas de enfriamiento muy características, mientras la ignimbrita Victoria I se encuentra debajo teniendo de referencia el escarpe que sobresale en la vegetación.

Unidades litológicas identificadas; Sección El Salto

IGNIMBRITA VICTORIA 0

Es una ignimbrita de color café-pardo, tiene estructura horizontal, alto grado de soldamiento, presenta fiamme alargados y muestra un 50% de fenocristales cuarzo > sanidino > plagioclasa > biotita. Se encontró en los puntos 14, 15, 16 (Tabla 4).

IGNIMBRITA VICTORIA I

Esta ignimbrita tiene un espesor aproximado 160 m. con un color claro que va de gris a rosa, un porcentaje de cristales del 45-50%. Las principales fases minerales son cuarzo > plagioclasa > biotita > sanidino. Presenta una estructura horizontal. Se encontró en los puntos 3,4, 20, 21, 23, 24 (Tabla 4).

IGNIMBRITA VICTORIA II

Esta ignimbrita tiene un espesor de ~190 m. de color café-morado, con un contenido de fenocristales del 35-40%. Los minerales identificados son plagioclasa> cuarzo> sanidino. Tiene una estructura columnar. Se encontró en los puntos 6, 7, 8 (Tabla 4).

Tabla 4. Unidades litológicas de la sección El Salto.

Sección El Salto				
Unidades Litológicas Identificadas				
Unidad	Características	Coordenadas UTM		
		X	Y	Z
Ignimbrita Victoria 0	Color café-pardo, alto grado de soldamiento, presenta fiammes alargados 50% de fenocristales Cuarzo> Sanidino> Plagioclasa> Biotita.	370156	2328521	1958
		369912	2328632	1975
		370267	2328708	1994
Ignimbrita Victoria I	Color claro gris-rosa, fenocristales del 45-50% de Cuarzo> Plagioclasa > Biotita > Sanidino. Estructura horizontal.	370601	2330143	1920
		370136	2330369	1842
		370466	2328868	1999
		370547	2329111	2020
		370277	2329682	2033
		369481	2330396	2128
Ignimbrita Victoria II	Color café-morado, fenocristales del 35-40% de Plagioclasa> Cuarzo> Sanidino. Estructura columnar.	370042	2330529	1996
		370047	2330547	2032
		369931	2330564	1924

Análisis Petrográfico

La petrografía, o estudio de las rocas, es el aspecto descriptivo y real de la petrología mientras que la petrogénesis es el aspecto interpretativo que se da mediante una petrografía previa (MacKenzie et al., 1996). También se describe como el campo de la petrología que se encarga de la descripción y clasificación de las rocas mediante la observación microscópica de secciones o láminas delgadas derivadas de las rocas en estudio, en un microscopio petrográfico, clasificándolas según su textura y composición mineralógica (Servicio Geológico Mexicano, SGM, 2017).

La petrografía de rocas ígneas se apoya en su textura, que se refiere al orden geométrico de los cristales y algunos de los materiales amorfos presentes (vidrio o gas en cavidades) que

componen a la roca, y las texturas dependen de las condiciones de su origen (MacKenzie et al., 1996). Los tipos de texturas para las rocas ígneas son: textura cristalina (>90% del volumen total de roca son cristales), textura cristalina afanítica (cristales no visibles a simple vista), textura cristalina fanerítica (cristales que se distinguen a simple vista), textura porfídica (cristales de diferentes tamaños embebidos en una matriz fina), textura vítrea (> 90% del volumen total de roca es vidrio), textura pumítica (vidrio volcánico con multitud de poros o vacuolas en su interior), textura vítrea compacta (vidrio volcánico masivo y compacto), textura clástica (acumulación de minerales y/o rocas de manera aglomerada) (MacKenzie et al., 1996), (Toselli, A., 2009).

Otro aspecto relevante en la petrografía es la cristalinidad. Algunas rocas están compuestas totalmente por cristales (holocristalinas), otras por vidrio (holohialinas), otras contienen vidrio y cristales (hipocristalinas o merocristalinas), y otras de cristales incipientes extremadamente pequeños (microlitos), cuando la mayoría de los minerales de una roca son aproximadamente equidimensionales o iguales la textura será granular (MacKenzie et al., 1996).

La dimensión y forma de los cristales son otro factor importante. Se manejan tres tamaños en general: los microlitos (<0.03mm), microfenocristales (0.03 – 0.3 mm), fenocristales (0.3 – 5 mm), megafenocristales (>5mm). En cuanto a las formas, los cristales se clasifican en euhedral (mineral bien formado con sus caras bien desarrolladas), subhedral (mineral con algunas de sus caras bien formadas) y anhedral (mineral con formas irregulares) (Hollocher, K., 1985). La diferencia de tamaños indica que el magma tuvo varias fases de enfriamiento, entre más rápido se enfríe, menor es el tamaño del mineral. Por otro lado, la forma de los cristales aporta información sobre las condiciones en los que se formaron, cristales bien desarrollados indican que tuvieron el tiempo y las condiciones adecuadas para su formación (MacKenzie et al., 1996), (Toselli, A., 2009).

La petrografía revela una serie de características y/o propiedades evaluables en los cristales y la relación que existen entre ellos, lo que va a ayudar a determinar la composición de la roca centrándose principalmente en la naturaleza y origen de la misma.

El análisis petrográfico se realizó agrupando las muestras en sus respectivas unidades litológicas (Victoria 0, Victoria I y Victoria II). A continuación, se describe cada unidad.

IGNIMBRITA VICTORIA 0

Muestra SA67-2

Se observa una textura inequigranular porfídica, tiene una matriz fina de vidrio, contenido total de cristales es de 20%. Con un tamaño de cristales que es < 3.5 mm. La roca es hipocristalina con fenocristales de cuarzo (15%) forma subhedral, feldespatos potásicos; como sanidino con macla tipo Carlsbad (7%) y (3%) de forma euhedral con extinción paralela. Pómez recristalizada (5%) con textura tipo fluidal. La presencia de micas como la biotita (3%) en color marrón-amarillento, piroxenos (1%) en color rojo con forma anhedral, y minerales opacos (<1%) (Fig. 28).

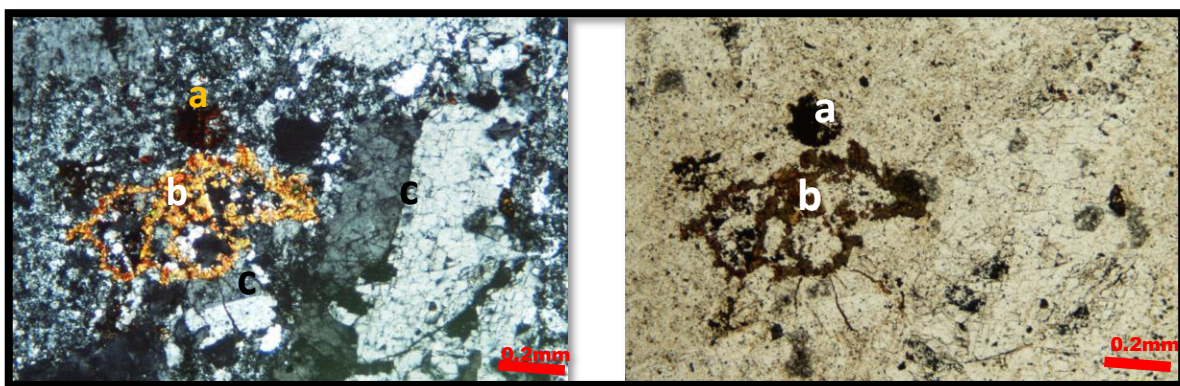


Figura 28. Fotomicrografía de la muestra SA67-2. A la izquierda con nicoles cruzados, a la derecha con luz paralela (a) Piroxeno en color rojo, (b) micas como la biotita en color naranja, (c) feldespatos potásicos con macla tipo Carlsbad en una matriz cristalina de grano fino.

Muestra SA67-3

Se muestra con textura inequigranular porfídica, una matriz fina de vidrio con textura fluidal. El porcentaje de contenido total de cristales es de 15%. Con un tamaño de cristales que es < 3.4 mm. La roca es hipocristalina con fenocristales y microfenocristales de cuarzo (10%) de forma anhedral, feldespatos potásicos; sanidino (5%) con macla tipo carlsbad y macla tipo lamelar, con formas que van de anhedral a subhedral. Plagioclasa; oligoclasa (3%) de forma subhedral, con macla tipo polisintética. presencia de micas como la biotita (1%) en color marrón-amarillento, piroxenos oxidados (1%) en color rojo-anaranjado con forma subhedral, cuarzo y feldespato reemplazando pómez, clorita y minerales opacos (Fig. 29).

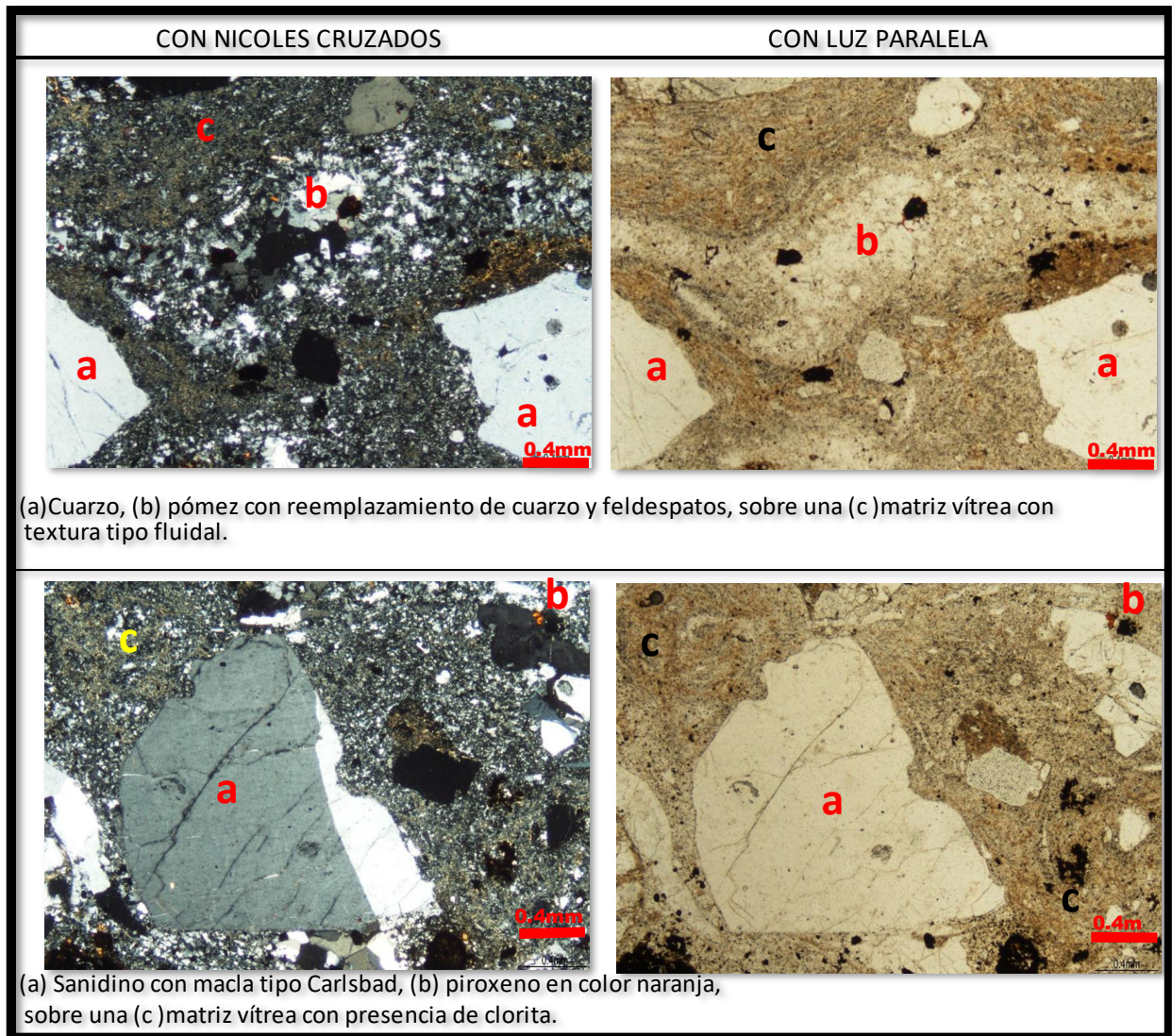


Figura 29. Fotomicrografías de la lámina SA67-3.

Muestra SA67-4

Se tiene una textura inequigranular porfídica, en una matriz fina de vidrio con microlitos de cuarzo y feldespatos potásicos. El porcentaje de contenido total de cristales es del 10%, con un tamaño de cristales de < 3.3 mm. La roca es hipocristalina con microfenocristales y fenocristales de cuarzo anhedral (7%). Feldespatos potásicos (5%) con extinción oblicua. Pómez siendo reemplazado de cristales de cuarzo y feldespatos potásicos, presencia de micas como la biotita (1%) subhedrales en color marrón-amarillento, piroxenos oxidados (1%) en color rojo-anaranjado y minerales opacos (Fig. 30).

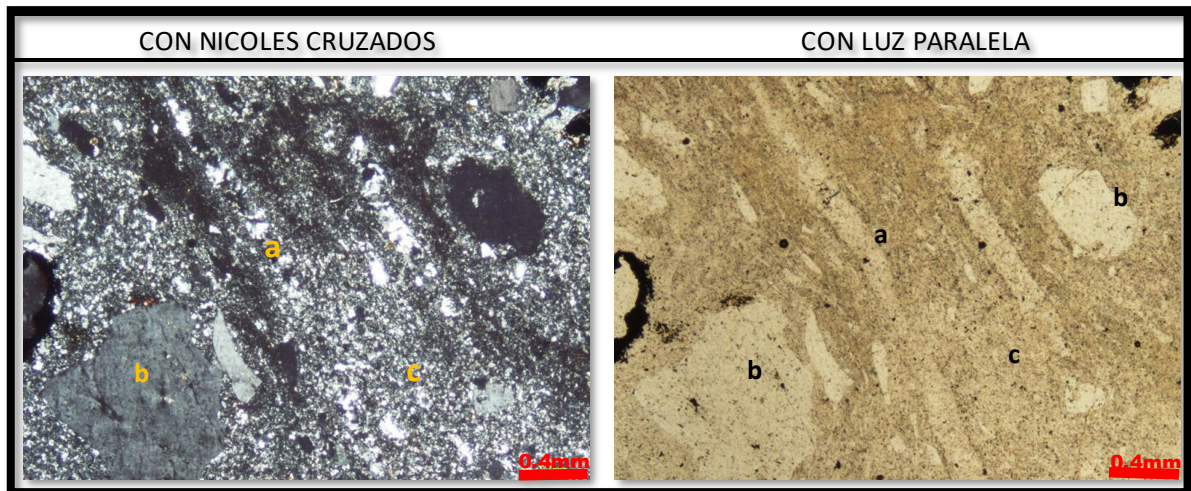


Figura 30. Fotomicrografía de la lámina SA67-4 (a) Pómez, (b) cuarzo, (c) reemplazamiento de cuarzo y (d) feldespatos potásicos, sobre una matriz vítrea.

IGNIMBRITA VICTORIA I

Muestra SA49-2019

Presenta textura inequigranular porfídica, tiene una matriz fina de vidrio. Un porcentaje del contenido total de cristales de 20%. La roca es hipocristalina con fenocristales de cuarzo (10%) con forma anhedral. Microfenocristales y fenocristales de feldespatos potásicos (7%); sanidino con macla tipo carlsbad y macla tipo lamelar, la forma de los cristales es subhedral. Microfenocristales de pómez aplastado, biotita algo oxidada (5%), oligoclasa (2%) con macla tipo polisintética presencia de clorita en color verde y en ocasiones alrededor de algunos cristales. Algunos minerales opacos (1%) (Fig. 31).

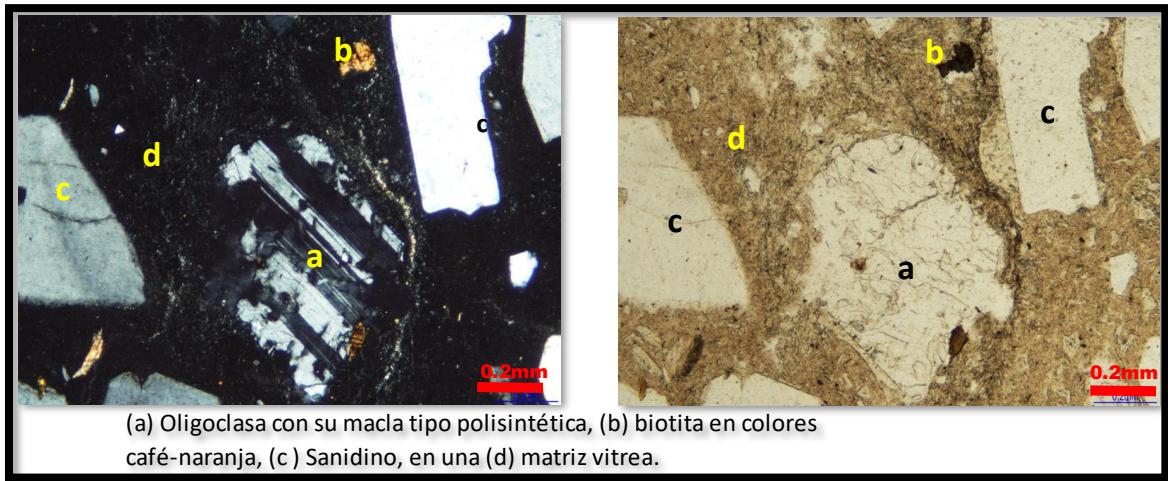


Figura 31. Fotomicrografías de la lámina SA49-2019, a la izquierda con nicols cruzados y a la derecha sin nicols cruzados.

Muestra SA51-2019

Textura inequigranular porfídica, consta de una matriz fina de vidrio con presencia de clorita. Porcentaje de contenido total de cristales es de 40%, con un tamaño de cristales < 5.1 mm. La roca es hipocristalina con fenocristales de feldespatos potásicos (20%); sanidino con macla paralela y maclas tipo Carlsbad tienen formas que van de euhedral a subhedral. Microfenocristales y fenocristales de cuarzo (20%) con bordes corroídos. Fenocristales de plagioclasas, como la oligoclase (2%) con sus maclas tipo polisintética, con extinción oblicua y forma subhedral. Presencia de microfenocristales y fenocristales de micas (1%) de menor tamaño y cantidad en colores café-anaranjado. Presencia de piroxenos (<1%) y vidrio aplastado, minerales opacos (<1%) (Fig. 32).

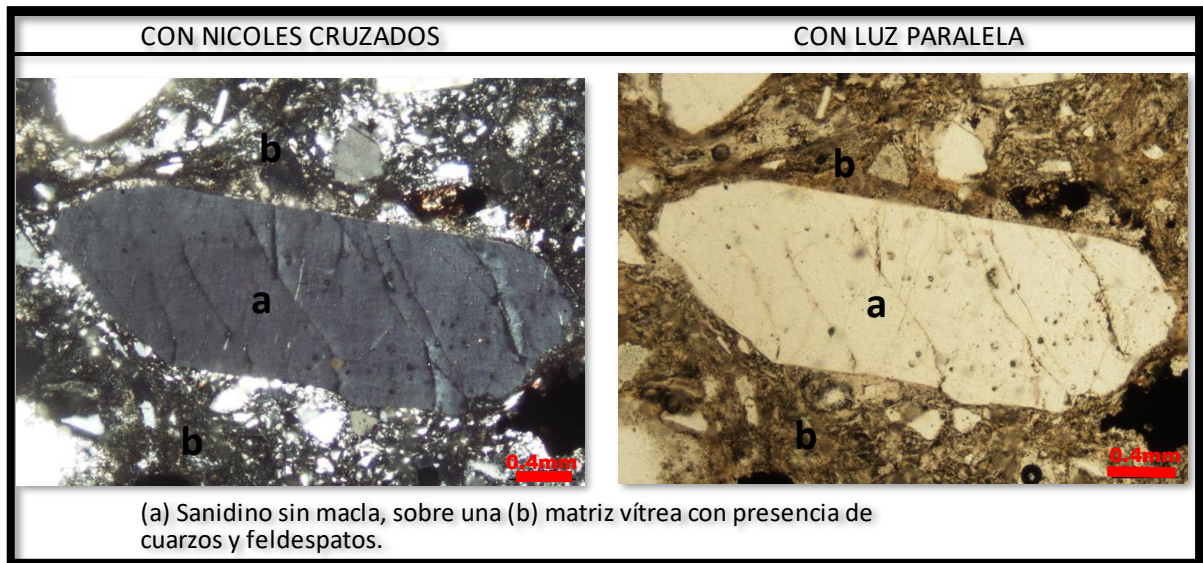


Figura 32. Fotomicrografías de la lámina SA51-2019.

Muestra SA53-2019

Se observa una textura inequigranular porfídica, una matriz fina de vidrio. El porcentaje de contenido total de cristales en la muestra es de 25%. La roca es hipocristalina con megafenocristales de feldespatos potásicos (15%); como sanidino con sus maclas tipo carlsbad, con forma subhedral. Fenocristales y megafenocristales de plagioclasas (10%), como la oligoclasa con sus maclas tipo polisintética y macla tipo polisintética zonada, con extinción oblicua y con forma subhedral algunos anhedral. Microfenocristales de micas como la biotita (2%) de menor tamaño y cantidad en colores café-anaranjado. Presencia de microfenocristales de piroxenos (2%) como la augita subhedral, glomerocristales (1%) de feldespatos potásicos y micas, minerales opacos (<1%) (Fig. 33).

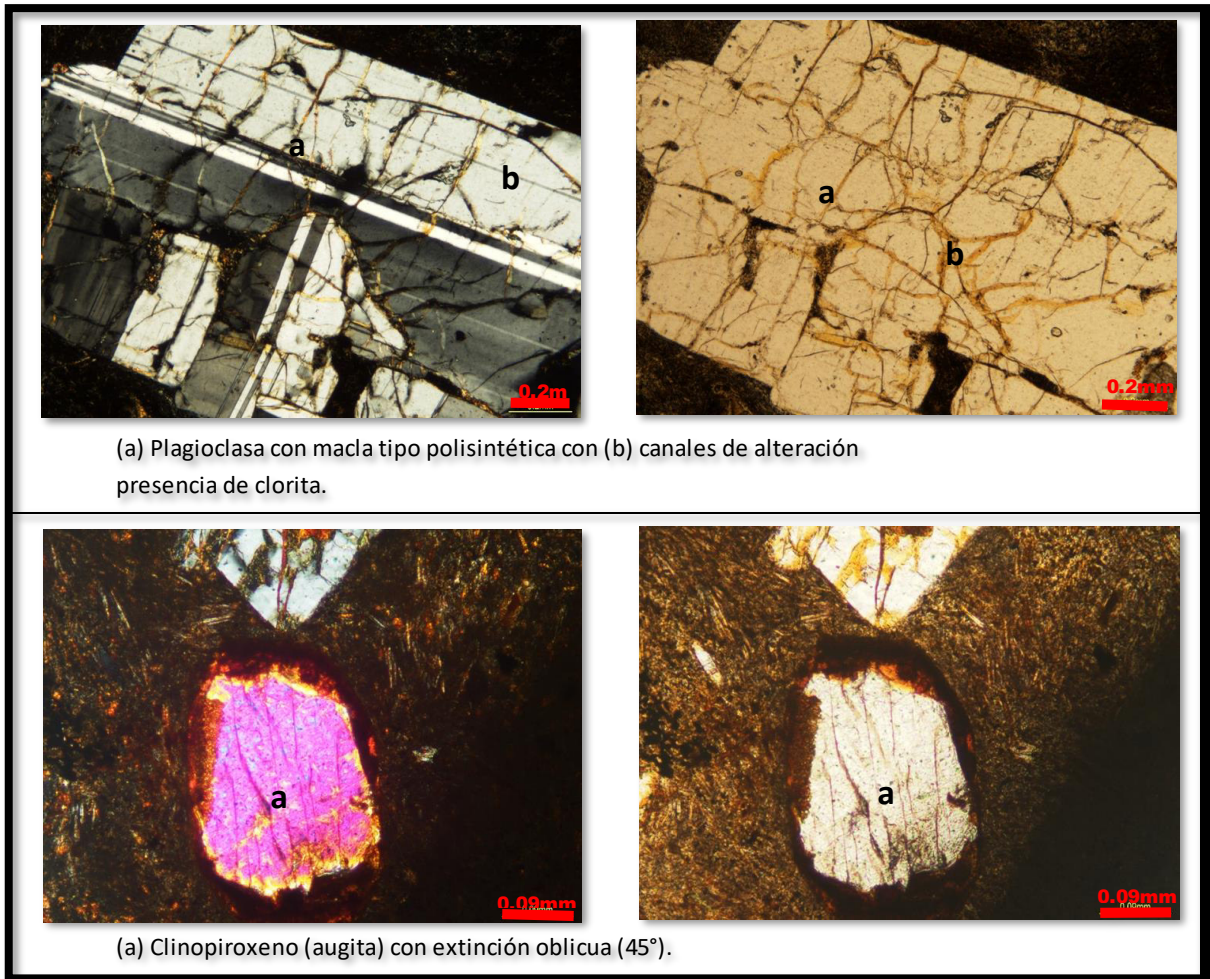


Figura 33. Fotomicrografías de la lámina SA53-2019, a la izquierda con nicols cruzados y a la derecha sin nicols cruzados.

Muestra SA66-1

En la muestra se observa una textura inequigranular porfídica, tiene una matriz fina de vidrio con textura fluidal. El porcentaje del contenido total de cristales es de 30% y con un tamaño de cristales que es < 2.5 mm. La roca es hipocristalina con fenocristales de feldespatos potásicos (15%) subhedral; como la sanidina. Fenocristales de cuarzo (10%) subhedral. Presencia de piroxenos, pómez aplastada (10%), espículas de vidrio. Minerales opacos (2%) y fenocristales de plagioclasas (1%); como la oligoclase con sus maclas tipo polisintética, algunas con bordes reabsorbidos con extinción oblicua (Fig. 34).

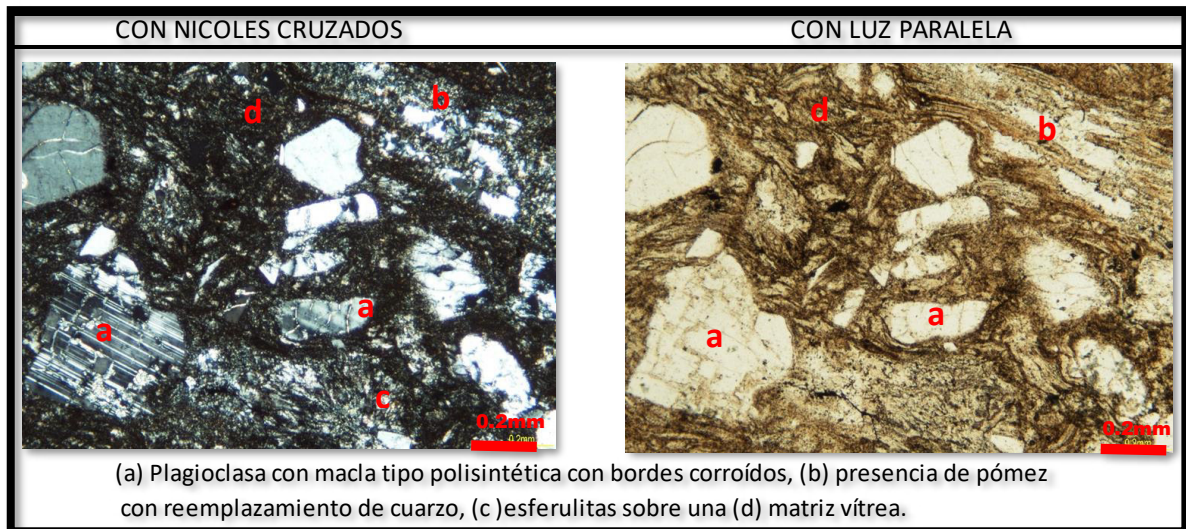


Figura 34. Fotomicrográficas de la lámina SA66-1.

Muestra SA66-2

La muestra presenta textura inequigranular porfídica, tiene una matriz fina de vidrio. El porcentaje de contenido de cristales totales de la muestra es de 30%, el tamaño de cristales es < 2.8 mm. La roca es hipocristalina con fenocristales de feldespatos potásicos (10%) subhedral; como la sanidino con macla tipo carlsbad. Cuarzo reemplazando pómez (10%). Microfenocristales de plagioclasas (7%) subhedral; oligoclasa con sus maclas tipo polisintética, con extinción oblicua. Fenocristales de micas (5%) anhedral; biotita de menor tamaño y cantidad en colores café-anaranjado. Presencia de microfenocristales de piroxenos (3%) subhedral, y minerales opacos (Fig. 35).



Figura 35. Fotomicrografías de la lámina SA66-2, a la izquierda con nicoles cruzados y a la derecha con luz paralela.

Muestra SA66-3

Tiene una matriz fina de vidrio, el porcentaje de contenido total de cristales es del 25% con un tamaño de cristales que es < 3.0 mm una textura inequigranular porfídica. La roca es hipocristalina con fenocristales de feldspatos potásicos (10%) subhedrales; sanidino con macla tipo carlsbad y macla tipo lamelar. Fenocristales de plagioclasas (3%) subhedrales; oligoclasa con sus maclas tipo polisintética, con extinción oblicua. Microfenocristales de piroxenos oxidados (5%) en color rojo-naranja, de micas (3%) como la biotita de menor tamaño y cantidad en colores café-anaranjado. vidrio aplastado (3%) y minerales opacos. Clorita ubicada en islas de mineralización (Fig. 36).

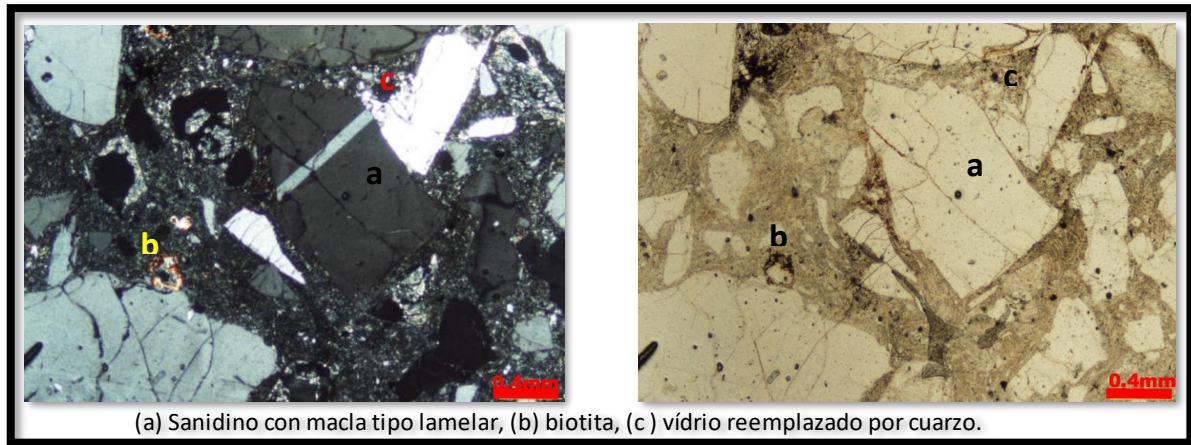


Figura 36. Fotomicrografías de la lámina SA66-3, a la izquierda con nicoles cruzados y a la derecha con luz paralela.

Muestra SA67-7

Se presenta con una textura inequigranular porfídica seriada, una matriz fina de vidrio. El contenido total de cristales en la muestra es de 15%, el tamaño de los cristales es < 1.3 mm. La roca es hipocristalina con microfenocristales de cuarzo (7%) anhedral. Fenocristales de feldespatos potásicos (5%) subhedrales. Plagioclasas con macla tipo lamelar. Presencia de micas (5%); biotita en color marrón-anaranjado, clorita en color verde y minerales opacos (Fig. 37).

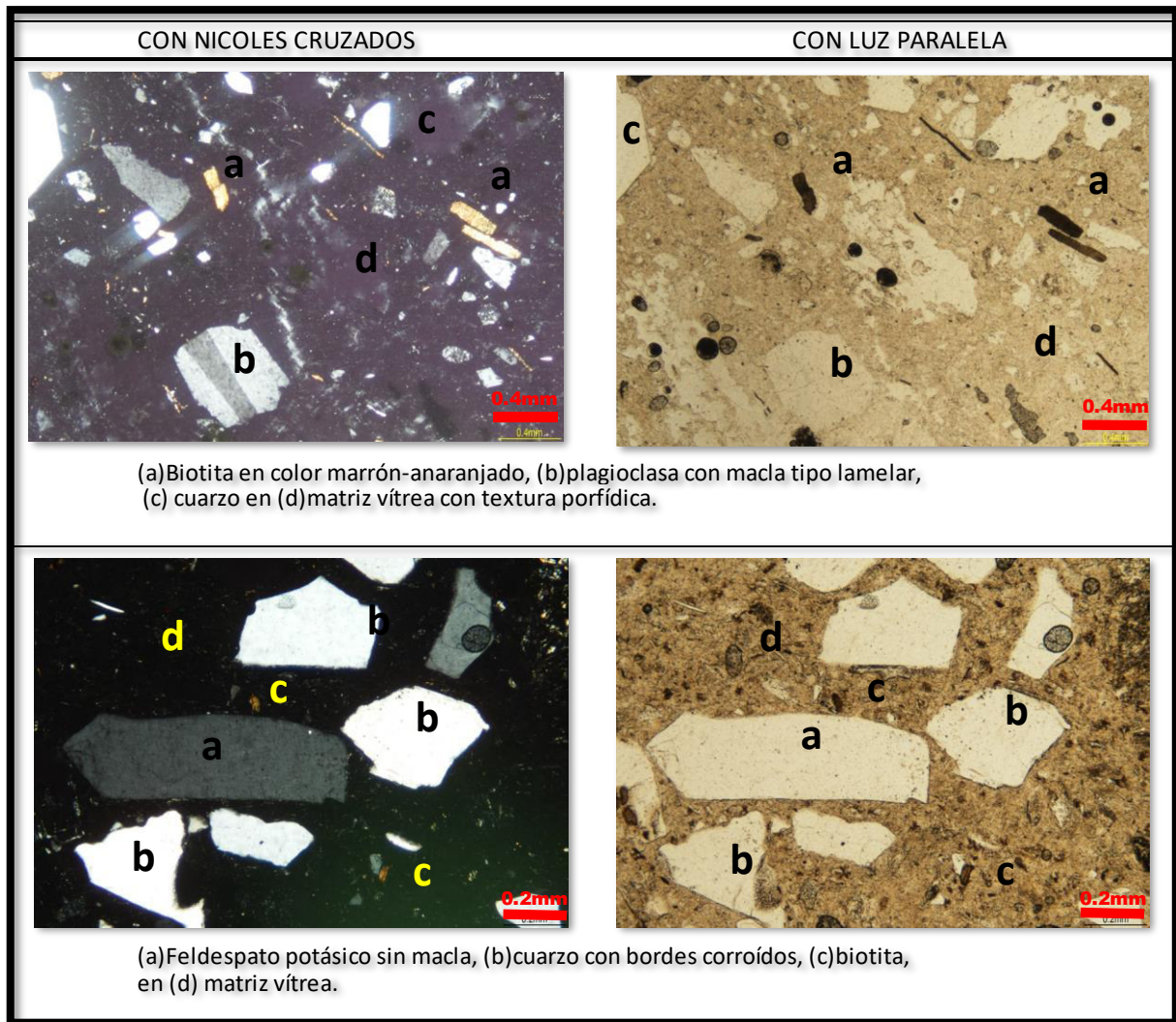


Figura 37. Fotomicrografías de la lámina SA67-7.

Muestra SA67-8

El porcentaje del contenido de cristales en la muestra es de 30%. Con un tamaño de cristales < 1.49 mm. Cuenta con una textura inequigranular porfídica, una matriz fina de vidrio, es hipocristalina con, pómez (10%) siendo reemplazado de cristales de cuarzo y feldespatos potásicos. Fenocristales de feldespatos potásicos (7%) anhedrales; sanidino con macla tipo carlsbad. Fenocristales de cuarzo (5%) subhédricos. presencia de fenocristales de micas (5%) euhedrales; biotita en color marrón-amarillento. Microfenocristales fenocristales de plagioclasas (3%) subhedral; oligoclasa con macla tipo polisintética con borde de disolución. Vidrio aplastado, algunos anfíboles (1%); hornblenda, presencia de microfenocristal de circón en colores pastel, con un alto relieve y minerales opacos (Fig. 38).



Figura 38. Fotomicrografías de la lámina SA67-8.

Muestra SA67-9

En la muestra se observa una textura inequigranular porfídica, tiene una matriz microcristalina, un porcentaje del contenido total de cristales es de 3%. El tamaño de cristales es < 1.5 mm. La roca es hipocristalina con fenocristales de feldespatos potásicos (2%) subhedral; sanidino. Presencia de micas (1%) euhedral; biotita en color marrón-amarillento, minerales opacos (1%), piroxenos oxidados (<1%) en color rojo-anaranjado (Fig. 39).

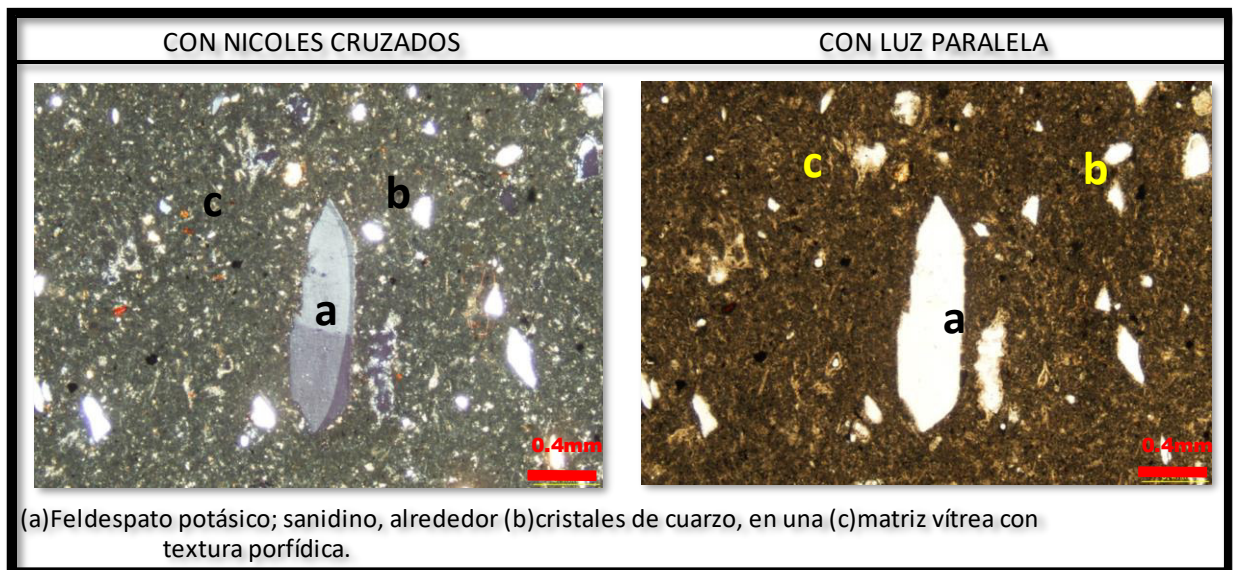


Figura 39. Fotomicrografías de la lámina SA67-9.

Muestra SA67-11

Textura inequigranular porfídica, matriz de grano fino con presencia de esferulitas. El porcentaje de contenido de cristales en la muestra es de 20%. La roca es hipocristalina con microlitos y microfenocristales de cuarzo (10%) anhedral. Fenocristales de plagioclasas (7%) subhedrales; oligoclasa con macla tipo polisintética. Fenocristales de feldespatos potásicos (7%) euhedrales; sanidino con macla tipo carlsbad. presencia de micas (3%), biotita en color marrón-anaranjado. Megafenocristal de pómez siendo reemplazado de cristales de cuarzo y feldespatos potásicos (2%) y minerales opacos (<1%) (Fig. 40).

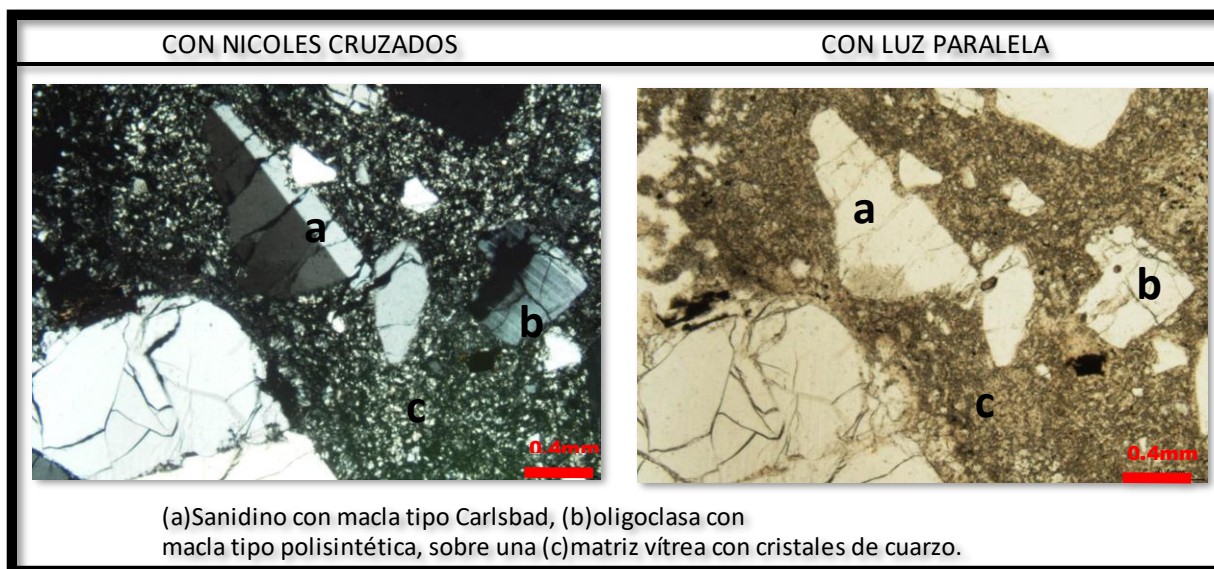


Figura 40. Fotomicrografías de la lámina SA67-11.

Muestra SA67-12

Presenta una textura inequigranular porfídica, tiene una matriz vítrea de grano fino. El porcentaje de contenido de cristales es de 25%. La roca es hipocristalina con microfenocristales y fenocristales de feldespatos potásicos (15%) con forma subhedral y euhedral; sanidino con macla tipo carlsbad. De microfenocristales a fenocristales de cuarzo (7%) con formas subhedral y anhedral. Fenocristales de plagioclasa (5%) subhedrales; oligoclasa con macla tipo polisintética. Presencia de micas como la biotita en color marrón-anaranjado y minerales opacos (Fig. 41).

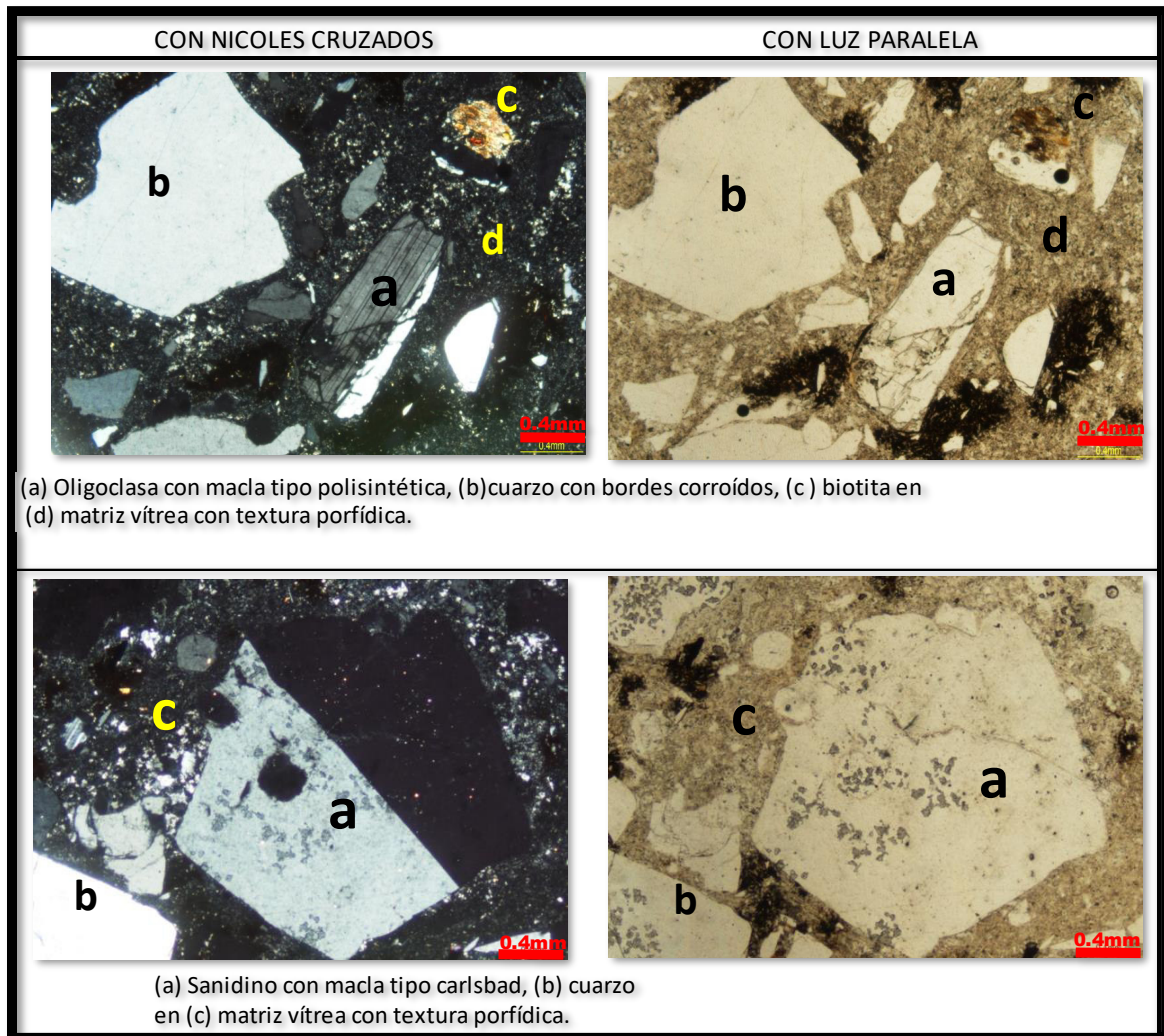


Figura 41. Fotomicrografías de la lámina SA67-12.

IGNIMBRITA VICTORIA II

Muestra SA39-1

Se observa una textura inequigranular porfídica, tiene una matriz fina de vidrio con microlitos. El porcentaje del contenido de cristales es de 40%. La muestra tiene un tamaño máximo de cristales que es de 3.4 mm. La roca es hipocrystalina con fenocristales de plagioclasas (7%) que van de anhedral a subhedral; oligoclasa con maclas tipo polisintética. Microfenocristales de micas (7%) anhedral; biotita en color café-naranja con extinción oblicua. Fenocristales de cuarzo con extinción oblicua de formas subhedral y feldespatos potásicos

(3%); sanidino, con extinción oblicua con formas que varían de euhedral a subhedral. Pómez reemplazada por cuarzos (Fig. 42).

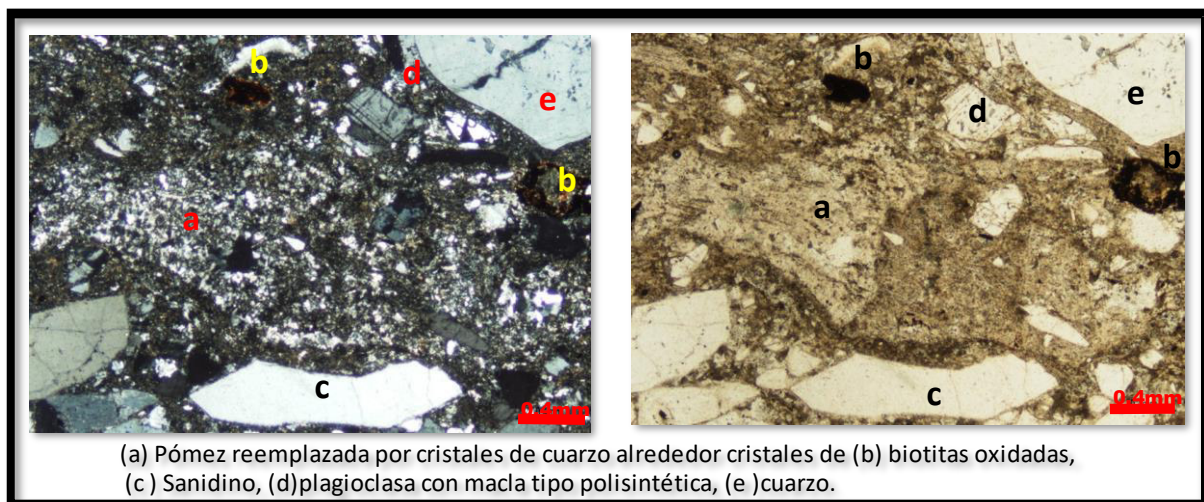


Figura 42. Fotomicrografías de la lámina SA39-1, a la izquierda con nicoles cruzados y a la derecha sin nicoles cruzados.

Muestra SA39-2

Se muestra con textura inequigranular porfídica en una matriz microcristalina. La roca es hipocristalina, tiene fenocristales de feldespatos potásicos (5%) euhedrales; los sanidinos se distinguen por sus maclas tipo carlsbad y extinción paralela, cristales de varios tamaños desde microlitos, microfenocristales y fenocristales de cuarzo (4%) con formas subhedralas, micas (3%) anhedral; biotita en tonos café-naranja, pómez (1%) siendo reemplazado por cuarzos y feldespatos potásicos, minerales opacos (<1%) (Fig. 43).

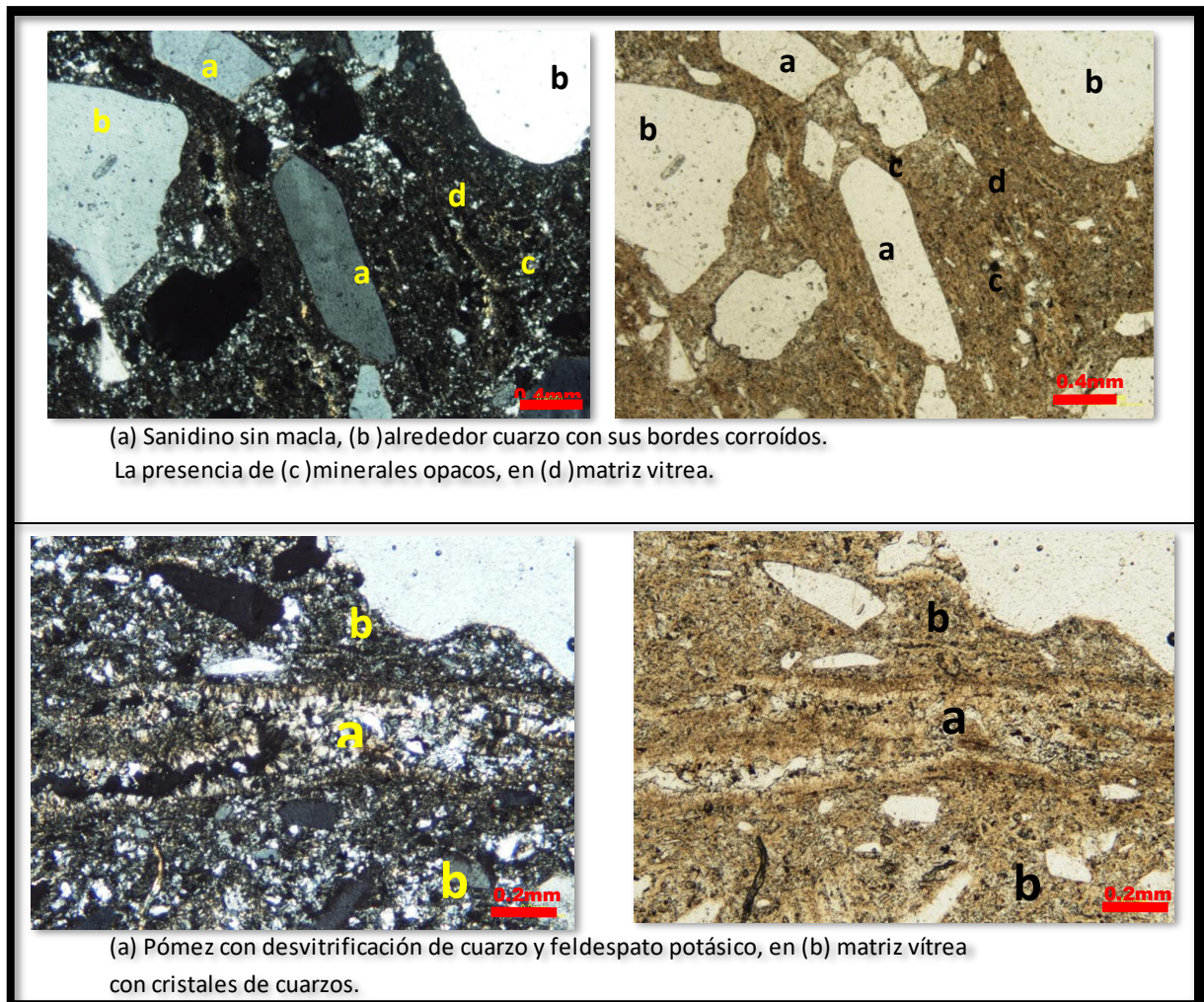


Figura 43. Fotomicrografías de la lámina SA39-2, a la izquierda con nicols cruzados y a la derecha sin nicols cruzados.

Muestra SA39-3

Se observa una textura inequigranular porfídica, tiene una matriz microcristalina. El porcentaje de contenido de cristales en la muestra es de 20%. La roca es hipocristalina con fenocristales de plagioclasas (15%) con maclas tipo polisintética de la oligoclasa. Micas (10%) oxidadas de color café-rojizo con extinción oblicua. Microlitos y microfeno-cristales de cuarzo en tonos negro-blanco con extinción oscilatoria. Piroxenos (1%) oxidados en color rojo, con extinción oblicua. Clorita en color verde. Presencia de arcillas ya que las plagioclasas van siendo reemplazadas. Minerales opacos (1%). Feldespatos potásicos (<1%) sanidino con maclas tipo carlsbad, y con extinción oblicua (Fig. 44).

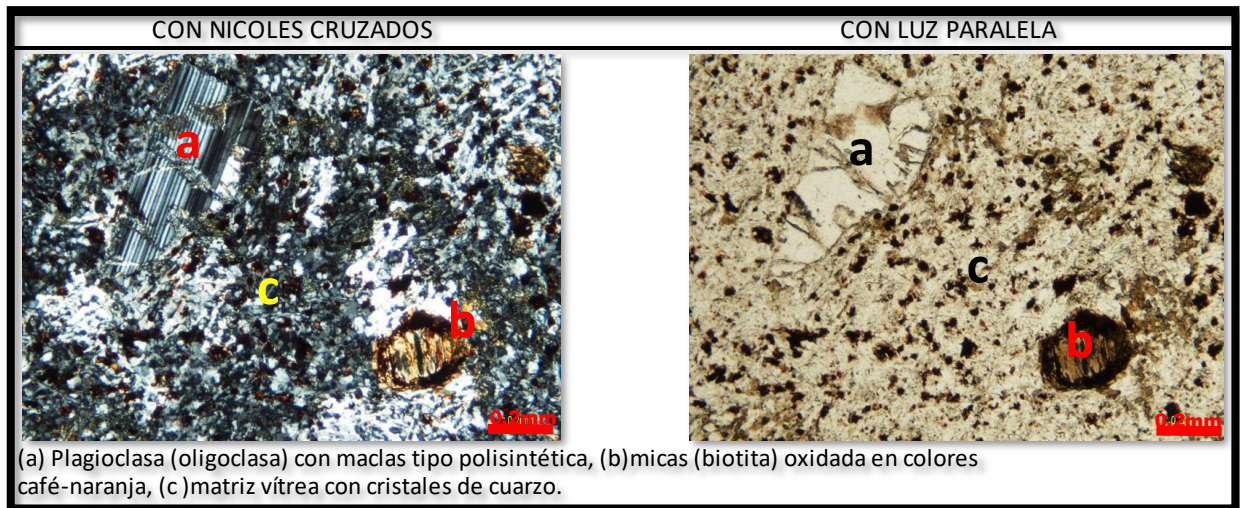


Figura 44. Fotomicrografías de la lámina SA39-3.

Muestra SA39-4

La roca es hipocristalina con una matriz microcristalina con un porcentaje del 40% de contenido total de cristales. Tamaño más grande de cristales de <2.9 mm. Con una textura inequigranular porfídica. Fenocristales de cuarzo (25%) subhedrales y anhedrales por sus bordes corroidos en color gris. Microfenocristales y fenocristales de micas (7%); biotita, con extinción oblicua. Microfenocristales y fenocristales de feldspatos potásicos (5%) euhedrales y subhedrales con maclas tipo carlsbad que nos indica que es sanidino y algunos con extinción oblicua. Presencia de esferulitas y minerales opacos (1%) (Fig. 45).

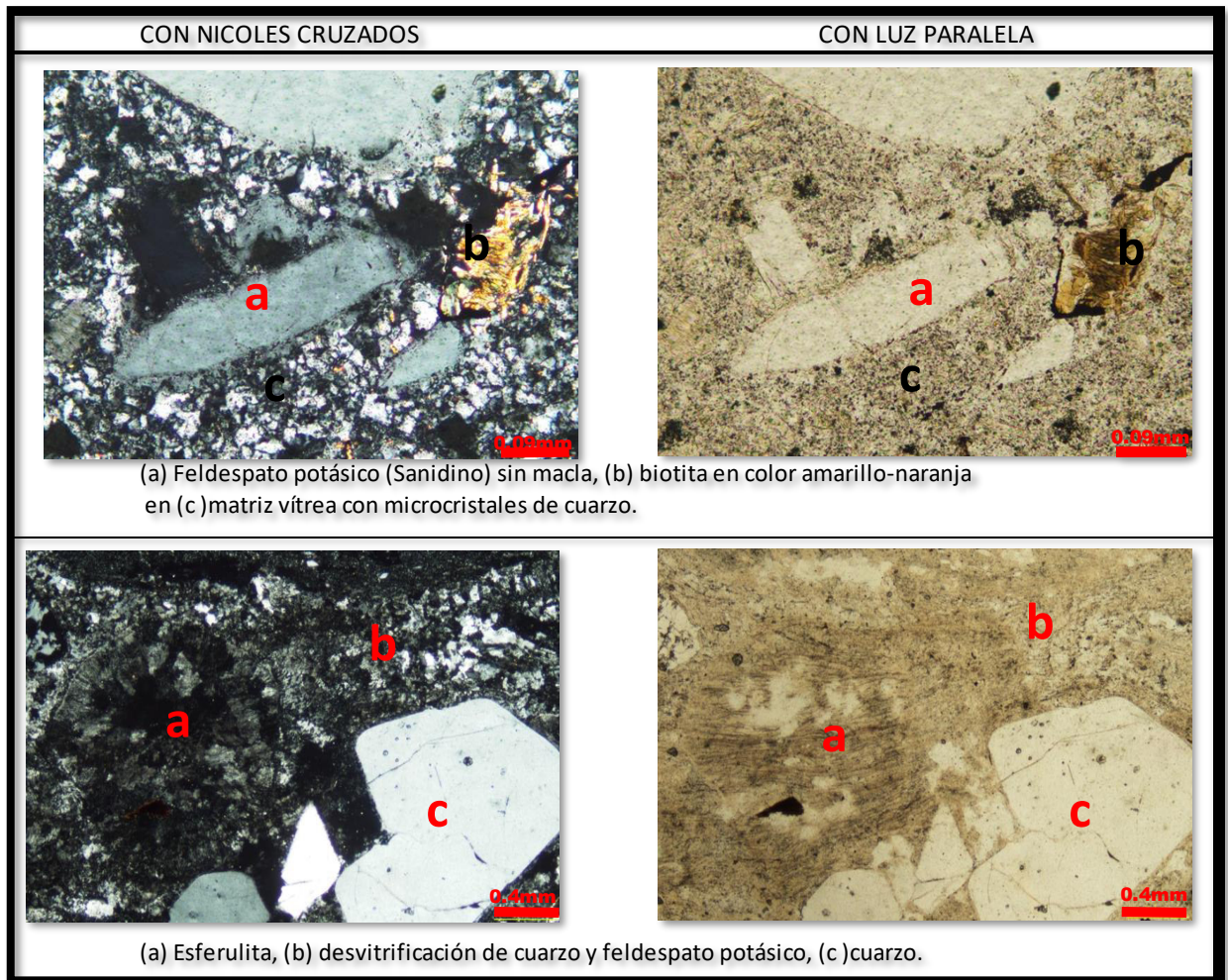


Figura 45. Fotomicrografías de la lámina SA39-4.

Muestra SA39-5

En el análisis se muestra una textura inequigranular porfídica, una matriz microcristalina con presencia de cuarzo y pómez. El porcentaje total de contenido de cristales es de 30%, con un tamaño de cristales que es <2.8 mm. Es una roca hipocristalina, con microfenocristales y fenocristales de cuarzo (20%) anhedral con extinción oblicua, fenocristales de feldespatos potásicos subhedrales (7%); sanidinos con sus maclas tipo carlsbad y lamelar. Microfenocristales de micas (5%) anhedrales de menor tamaño y cantidad en colores naranja-rojizos y otras de color verde. Microfenocristales de plagioclasas (1%), como la oligoclasa con sus maclas tipo polisintética, con extinción oblicua. Presencia de fenocristales de piroxenos (1%) euhedral (Fig. 46).

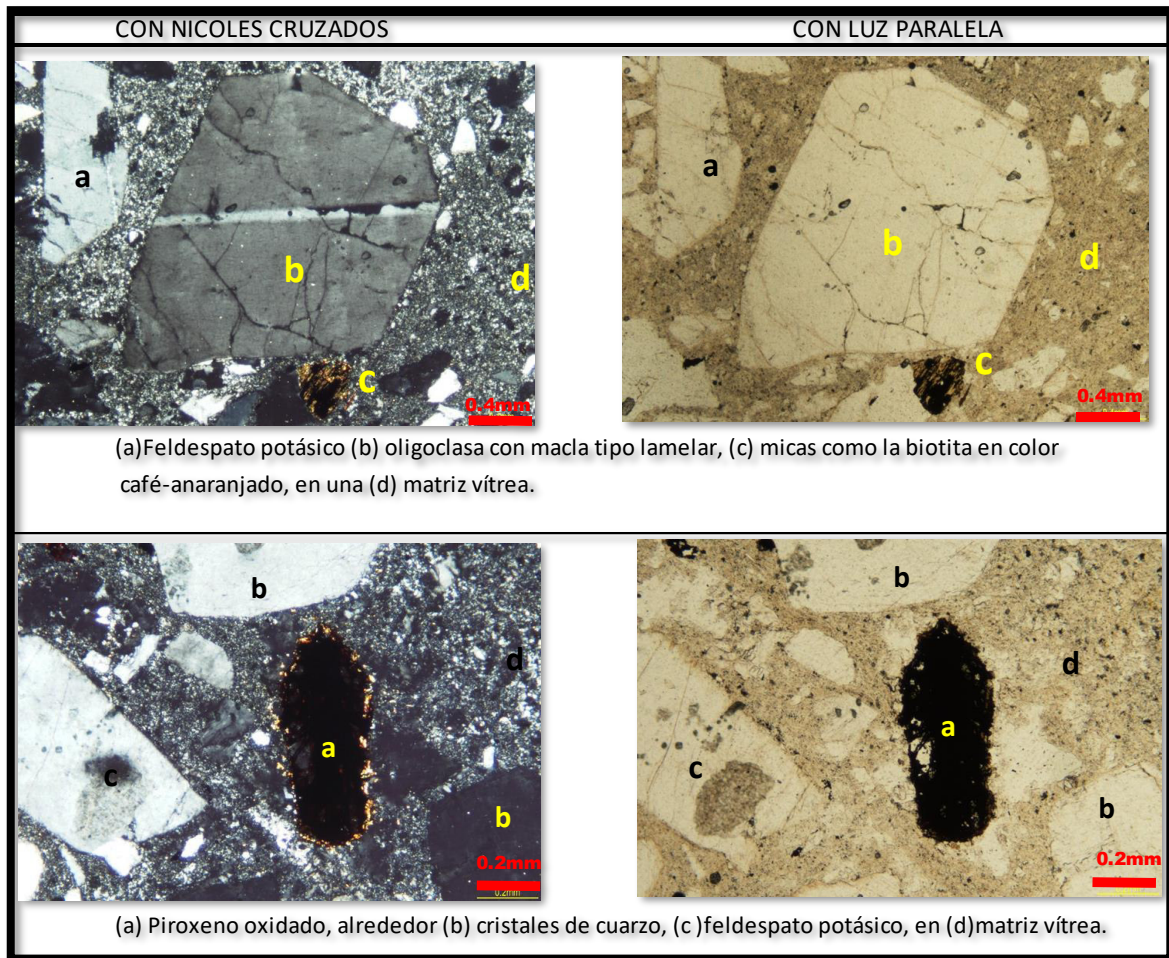


Figura 46. Fotomicrografías de la lámina SA39-5.

Muestra SA66-6

La muestra es hipocristalina, presenta una textura inequigranular porfídica, en una matriz fina de vidrio con algunos microlitos. Porcentaje de contenido de cristales es de 20% con un tamaño máximo de cristales de <math><4.0\text{ mm}</math>. De microlitos a fenocristales de cuarzo (10%) subhedrales y algunos anhedrales. Fenocristales de feldespatos potásicos (7%) anhedrales; sanidino con macla tipo carlsbad. Fenocristales de plagioclasas (5%) subhedrales; oligoclasa con sus maclas tipo polisintética, con extinción oblicua. Presencia de fenocristales de piroxenos (3%) oxidados en color rojo-naranja, cristales de cuarzo y feldespatos reemplazando pómez. Minerales opacos (Fig. 47).

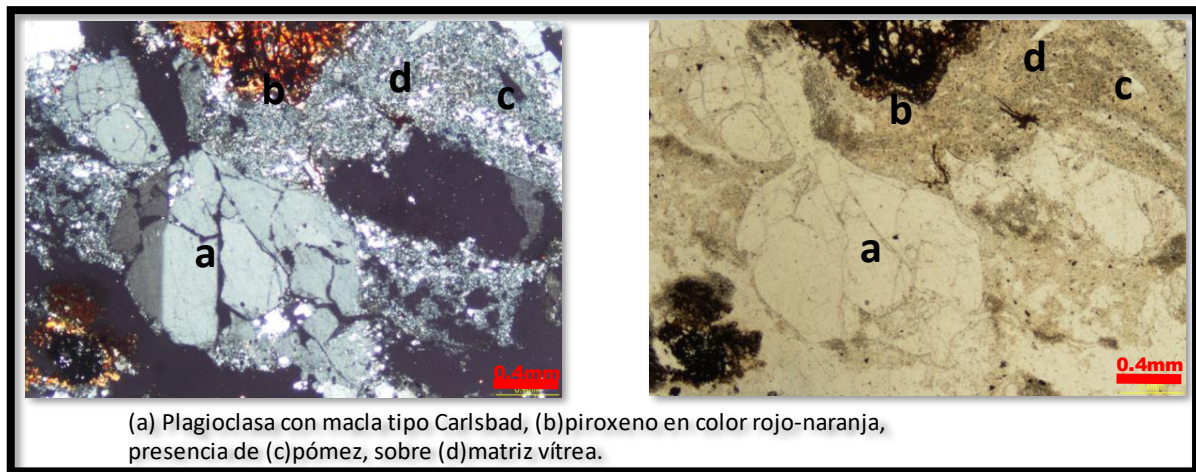


Figura 47. Fotomicrografías de la lámina SA66-6, a la izquierda con nicoles cruzados y a la derecha sin nicoles cruzados.

Muestra SA66-7

La roca es hipocristalina cuenta con textura fluidal en matriz vítrea, el porcentaje de contenido de cristales es de 15% con un tamaño de cristales que es <2.8 mm. Una textura inequigranular porfídica, fenocristales de feldespatos potásicos (10%) de formas anhedral y subhedral; anortoclasa macla tipo polisintética y zonada, sanidino con macla tipo carlsbad. Microfenocristales anhedrales y fenocristales subhedrales de plagioclasas (3%); oligoclasa con sus maclas tipo polisintética, con extinción oblicua. Presencia de vidrio aplastado (2%) y minerales opacos (Fig. 48).

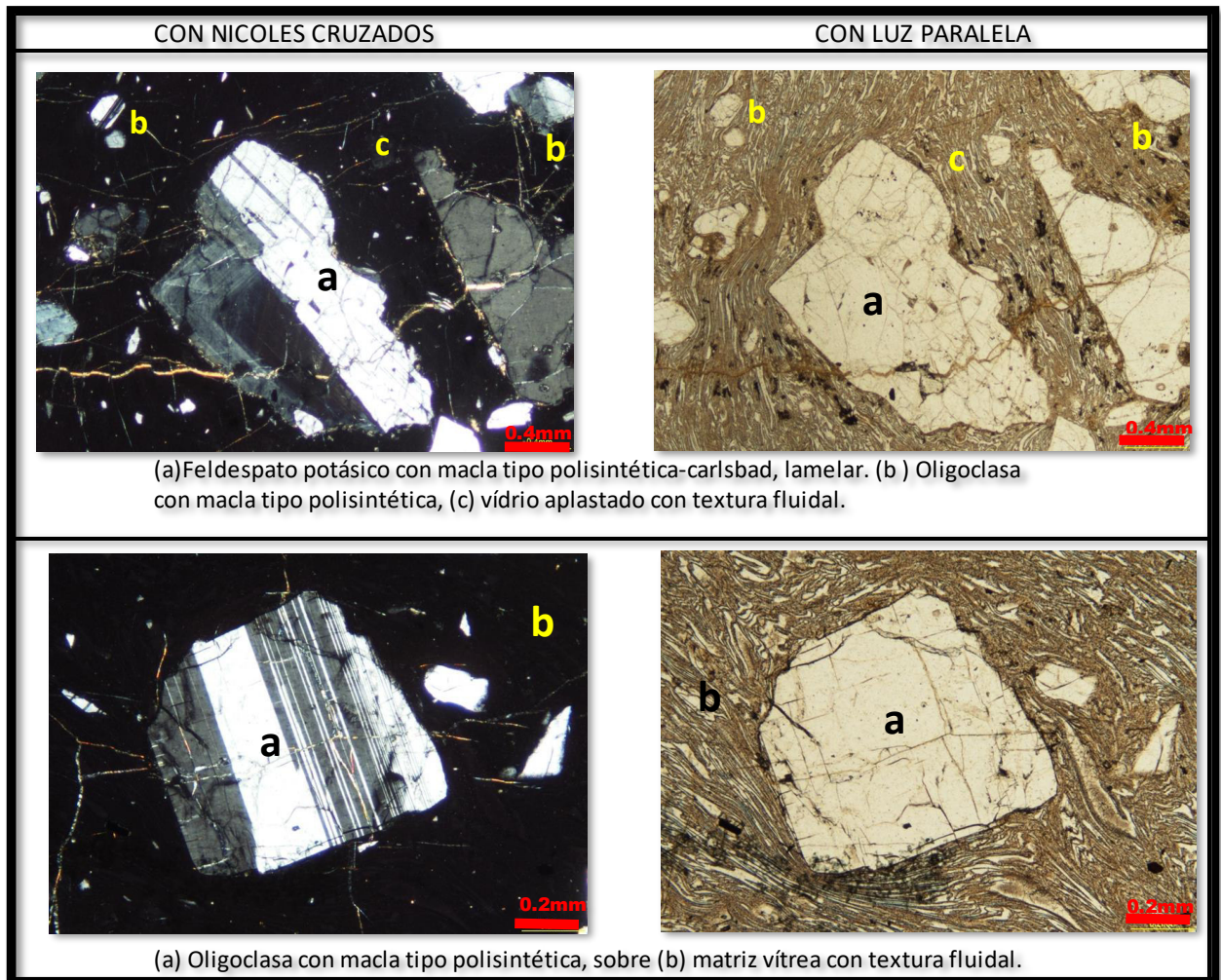


Figura 48. Fotomicrografías de la lámina SA66-7.

ANDESITA

Muestra SA67-10

Muestra hipocristalina con textura inequigranular porfídica, tiene matriz vítrea con microlitos. El porcentaje total de cristales es de 30%. Fenocristales de plagioclasas (15%) subhedrales y otros euhedrales; oligoclasa con macla tipo polisintética en algunos cristales presenta zoneamiento. Microlitos y microfenocristales de cuarzo (10%) anhedrales. Glomero-cristales (10%) de plagioclasas, feldespatos y piroxenos, presencia de clorita. Fenocristales y microfenocristales subhedrales de feldespatos potásicos (7%) con extinción oblicua. Pómez siendo reemplazada con cristales de cuarzo y feldespatos potásicos, microfenocristales de

micas (7%) anhedrales; biotita en color marrón-anaranjado, vidrio aplastado y minerales opacos (1%) (Fig. 49).

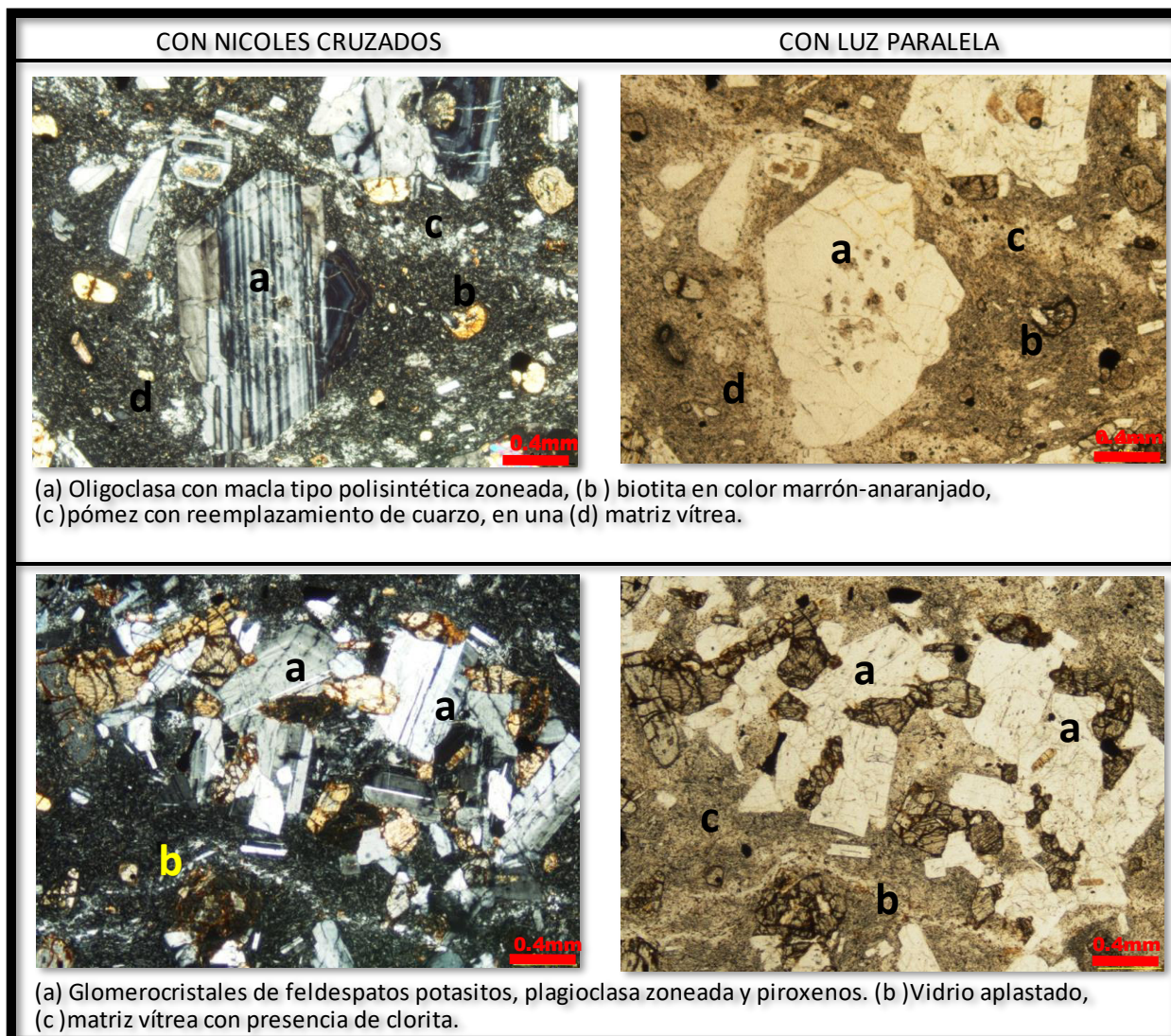


Figura 49. Fotomicrografías de la lámina SA67-10.

Muestra SA67-13

Presenta la textura inequigranular porfídica, tiene una matriz vítrea con microlitos, el porcentaje de contenido de cristales es de 20%. Es una muestra hipocristalina, con microfenocristales de feldespatos potásicos (15%) euhedrales y subhedrales; sanidino con macla tipo carlsbad. Microfenocristales y fenocristales de plagioclasa (10%) tipo tamiz y con macla tipo polisintética. Microfenocristales y fenocristales cuarzo (5%) subhedrales. Glomerocristales (3%) de

plagioclasas y feldespatos. Presencia de micas (3%); biotita en color marrón-rojizo, piroxenos (1%) oxidados en color rojo-anaranjado y minerales opacos (Fig. 50).

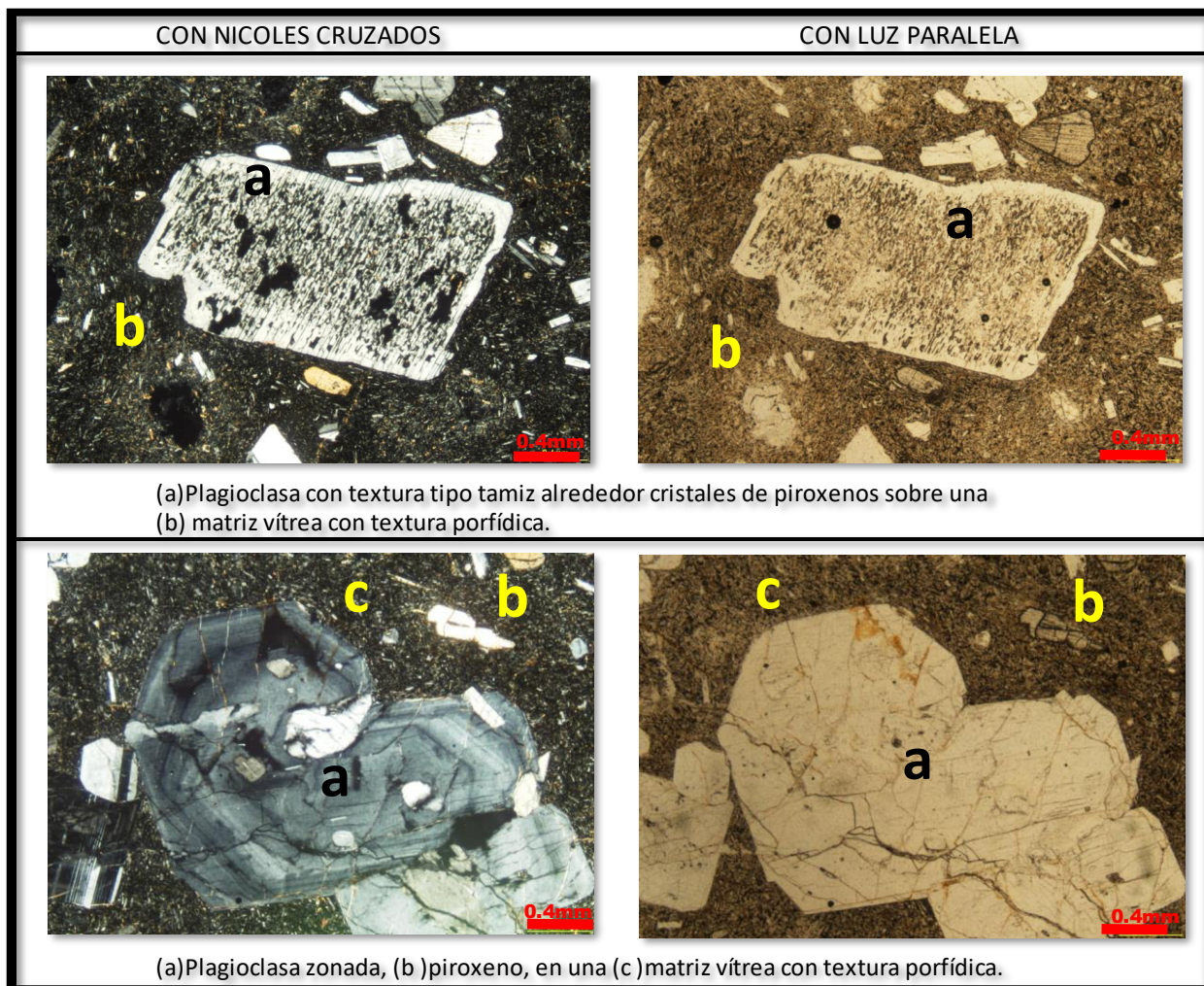


Figura 50. Fotomicrografías de la lámina SA67-13.

OLEADA PIROCLÁSTICA

Muestra SA67-1

Presenta una textura cristalina fanerítica con una matriz vítrea con ceniza. Con un porcentaje de contenido de cristales es de 15%. Fenocristales subhedrales de feldespatos potásicos (10%); sanidino con macla tipo carlsbad. Microfenocristales y fenocristales de cuarzo (5%) de

formas subhedral y anhedral. Presencia de microfenocristales de micas (3%); biotita en color marrón-amarillento y minerales opacos (Fig. 51).



Figura 51. Fotomicrografías de la lámina SA67-1.

Muestra SA67-6

Se observa una matriz fina de vidrio con clorita, textura inequigranular porfídica. El porcentaje de contenido total de cristales en la muestra es de 5%. Microfenocristales y fenocristales anhedrales de cuarzo (2%). Fenocristales de feldespatos potásicos (1%); sanidino con macla tipo carlsbad. Presencia de fenocristales de micas (<1%); biotita en color marrón-anaranjado y minerales opacos (<1%) (Fig. 52).

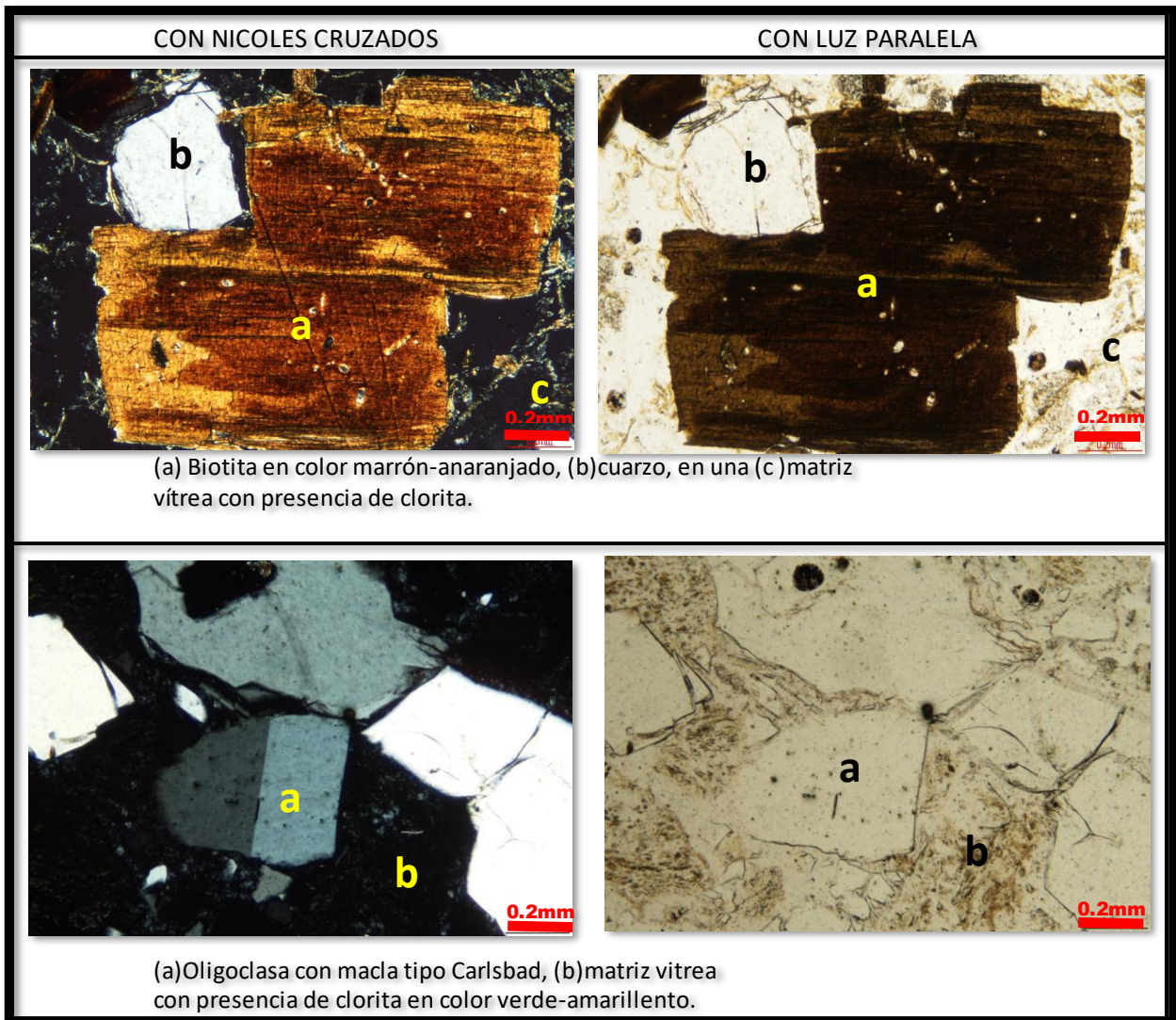


Figura 52. Fotomicrografías de la lámina SA67-6.

CAPÍTULO III

Correlación estratigráfica y petrográfica entre la sección Santa Catarina y El Salto:

La correlación estratigráfica es un procedimiento que se utiliza para establecer la correspondencia entre partes geográficamente separadas de una unidad geológica (Barragán et al., 2010). En la estratigrafía uno de los objetivos más importantes es la correlación, este término se usa para demostrar la correspondencia entre dos unidades geológicas tanto por sus propiedades definidas, como por su posición estratigráfica relativa. Debido a que la correspondencia puede estar basada en varias propiedades, existen tres clases de correlación que conviene diferenciar mediante términos más específicos. La primera, litocorrelación la cual relaciona unidades con litología y posición estratigráfica similares (o relaciones secuencial o geométrica, para unidades litodémicas). La segunda, biocorrelación, expresa similitud de contenido fósil y de posición bioestratigráfica. La tercera, cronocorrelación que expresa correspondencia en edad y en posición cronoestratigráfica (Walther, 1894), (Barragán et al., 2010).

Correlacionar unidades con otras secuencias cercanas sirven para reconocer y extender la unidad más allá de la localidad tipo (Blandón-Montes, 2002).

En la figura 53, se señalan zonas dentro del área de estudio que abarca aproximadamente 245 km², para correlacionar las unidades litológicas, dentro de las cuales se encuentran las ignimbritas Victoria 0, Victoria I, Victoria II, el vitrófiro, las oleadas piroclásticas, el caliche, la andesita, el dique y el coluvión.

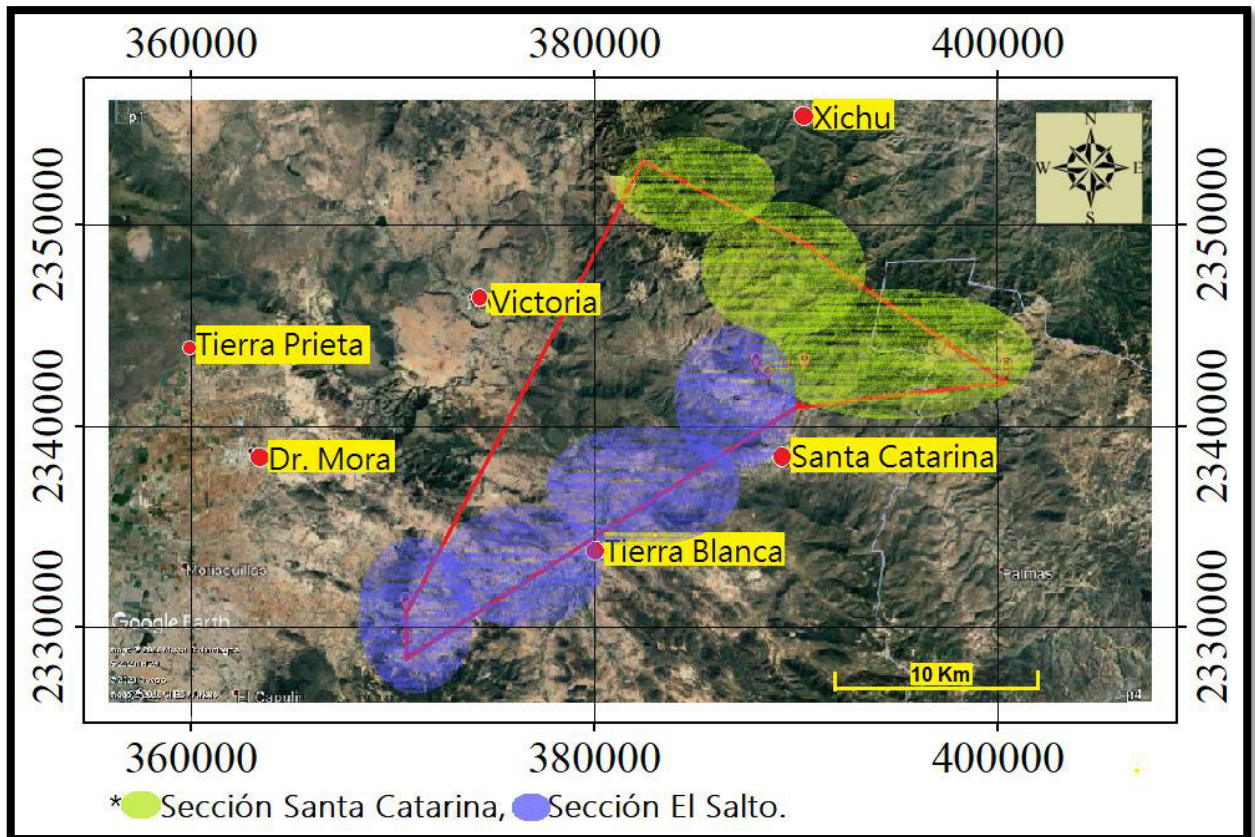


Figura 53. Mapa índice del área de estudio (polígono con línea roja); en la porción oriental del estado de Guanajuato. Coordenadas UTM WGS84 en imagen de Google Earth.

En la figura 54, se muestra la correlación entre las cuatro columnas estratigráficas realizadas del sector Santa Catarina. Se muestran las unidades siguientes: Ignimbrita Victoria I, coluvión, paleosuelo de caliche, oleada piroclástica, vitrófiro, ignimbrita Victoria II.

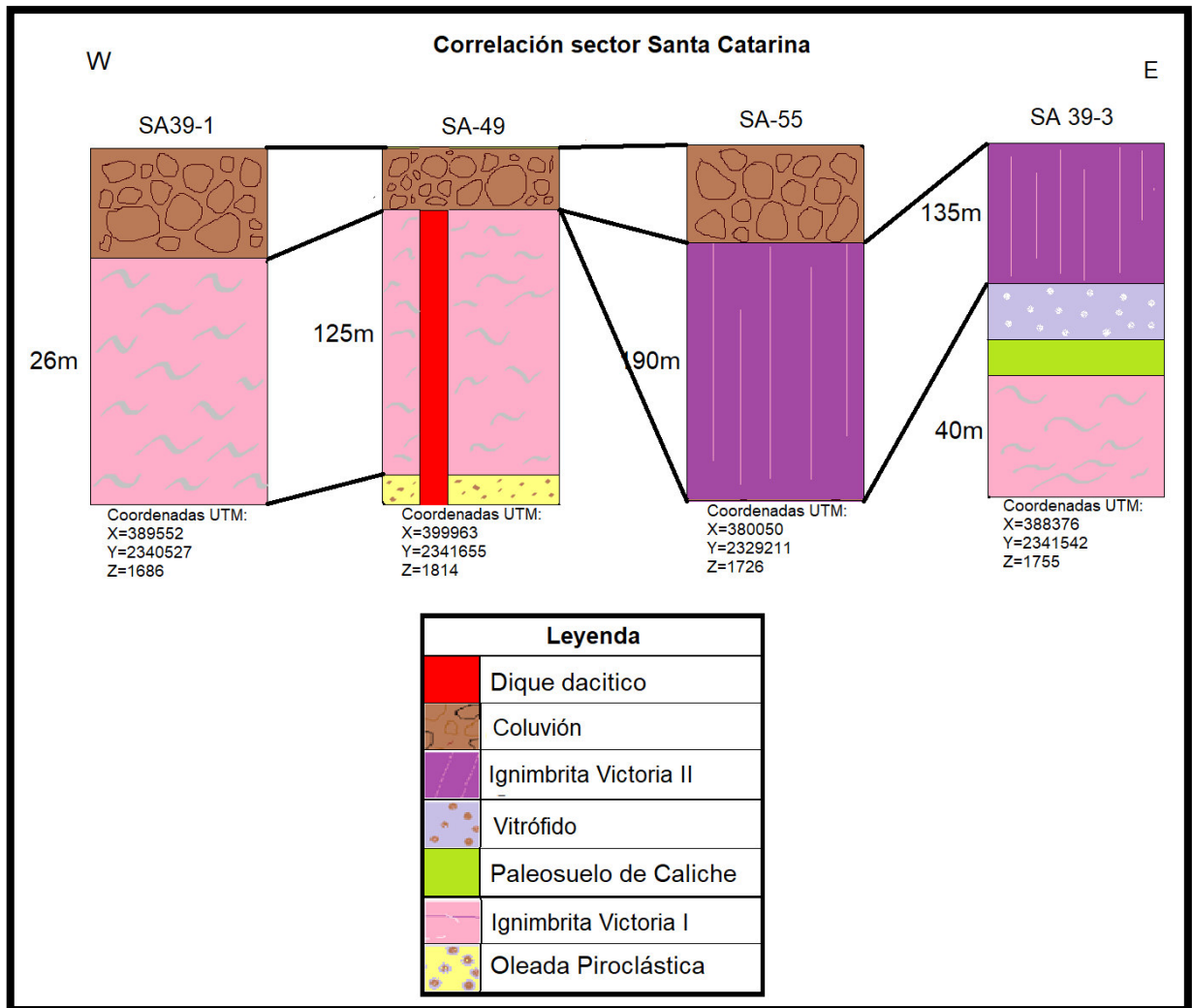


Figura 54. Correlación del sector Santa Catarina.

Dentro del sector El Salto, se realizaron dos columnas estratigráficas en las cuales se identificaron las unidades, ignimbrita Victoria 0, oleada piroclástica, ignimbrita Victoria I, vitrófiro e ignimbrita Vitoria II, en la figura 55 se muestra su correlación.

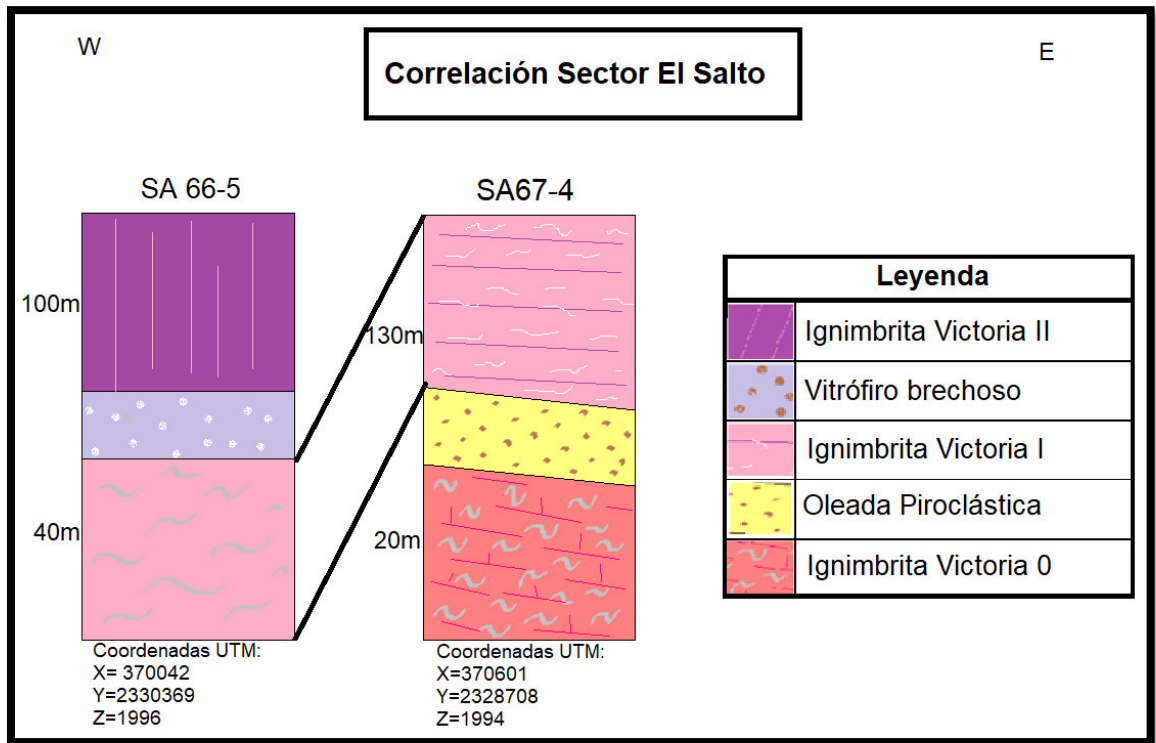


Figura 55. Correlación del sector El Salto.

En la siguiente figura se muestra la correlación entre el sector Santa Catarina y el sector El Salto, donde afloran las unidades, ignimbrita Victoria I, paleosuelo de caliche, vitrófiro y la ignimbrita Victoria II.

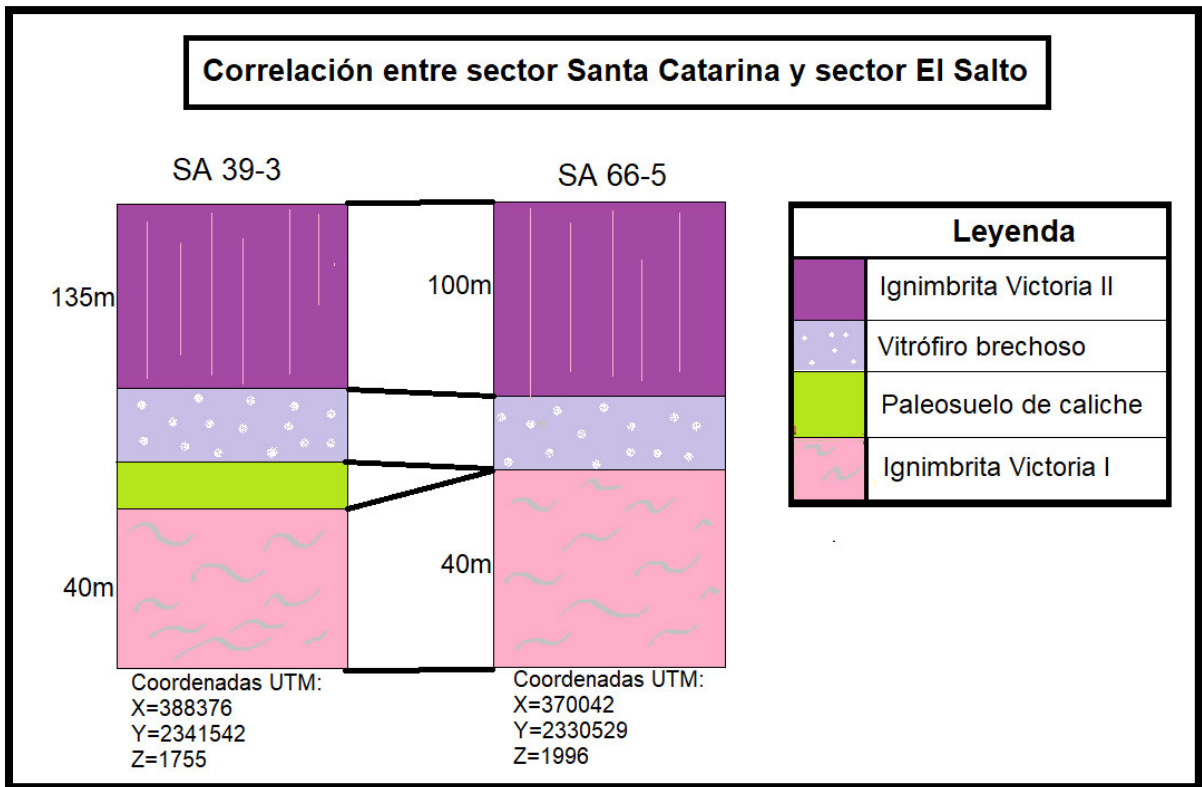


Figura 56. Correlación entre sector Santa Catarina (SA39-3) y sector El Salto (SA66-5).

En las siguientes tablas se comparan las características de los afloramientos de ignimbritas en Santa Catarina, donde se realizó la sección Santa Catarina y de los afloramientos cerca de Tierra Blanca donde se realizó la sección El Salto.

Tabla 5. Comparación de las características de afloramientos de la ignimbrita Victoria I.

CARACTERÍSTICAS DE LOS AFLORAMIENTOS		
Ignimbrita	Victoria I, Santa Catarina	Victoria I, El Salto
Color de la roca	Gris a rosa	Gris a rosa
% Fenocristales	35-50	45-50
Cuarzo	Si	Si
Sanidino	Si	Si
Plagioclasa	No	Si
Biotita	Si	Si
Fiamme	Si	Si
Estructura	Horizontal	Horizontal

Las características de ambas secciones son muy similares, cambian un poco el porcentaje de fenocristales, pero los afloramientos de ambas secciones quedan dentro de un rango que va del 35 al 50% de fenocristales. Las características que comparten en ambas secciones (Santa Catarina y El Salto) son la presencia de fiamme que en poca cantidad se muestran. El color que siempre va de gris a rosa y la estratificación horizontal son las características que a gran escala muestra la ignimbrita Victoria I. Los minerales son cuarzo, sanidina, biotita, en algunos afloramientos hay presencia de plagioclasas y fiamme, mas no en todos.

Tabla 6. Comparativa de características de afloramientos de la ignimbrita Victoria II.

CARACTERÍSTICAS DE LOS AFLORAMIENTOS		
Ignimbrita	Victoria II, Santa Catarina	Victoria II, El Salto
Color de la roca	Rosa-morado	Café-morado
% Fenocristales	35	35-40
Cuarzo	Si	Si
Sanidino	Si	Si
Plagioclasa	Si	Si
Biotita	No	No
Fiamme	No	No
Estructura	Columnar	Columnar

Se realizaron dos columnas estratigráficas compuestas, la primera en el municipio de Santa Catarina con el nombre Santa Catarina, donde se identificaron las siguientes unidades, oleada piroclástica, ignimbrita Victoria I, vitrófiro y la ignimbrita Victoria II. La segunda con el nombre de El Salto en el municipio de Tierra Blanca, donde se encontraron las unidades, ignimbrita Victoria 0, oleada piroclástica, ignimbrita Victoria I, vitrófiro, ignimbrita Victoria II y la andesita. Posteriormente se correlacionaron (Fig. 57).

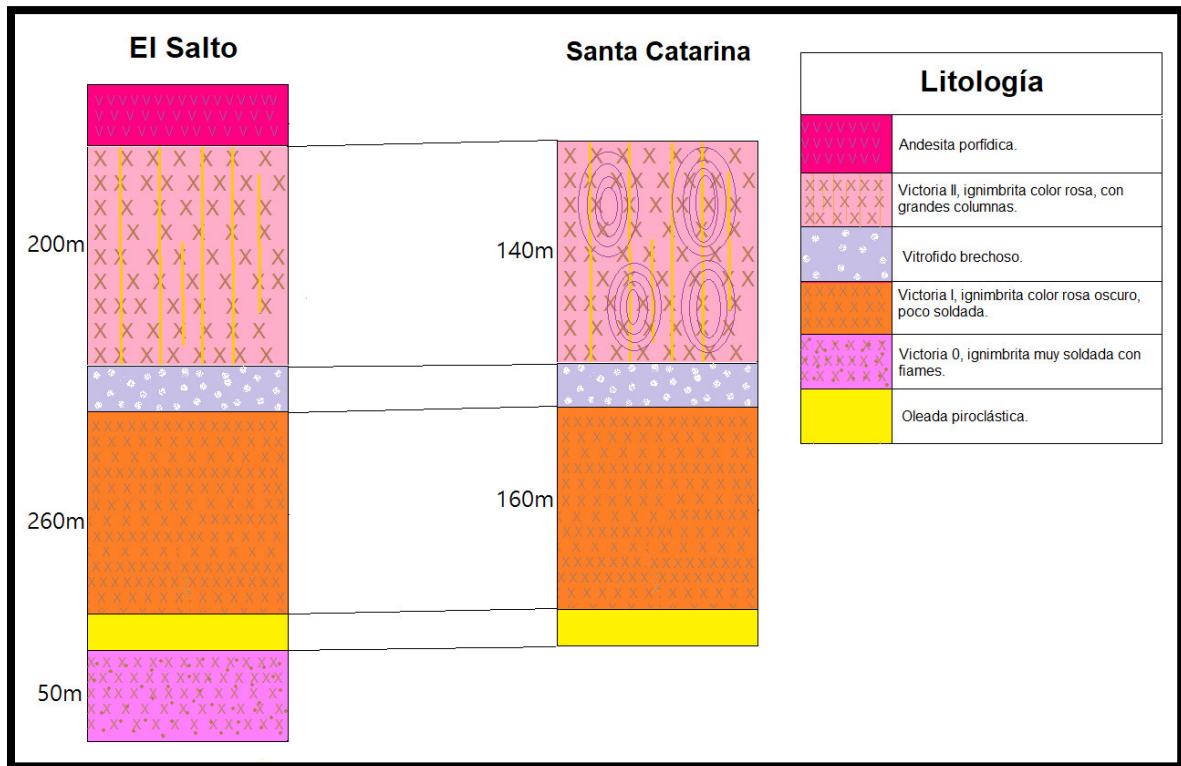


Figura 57. Correlación estratigráfica de ambas secciones.

Comparación de análisis petrográficos

Las características de las unidades litológicas de las secciones son muy similares, el porcentaje de fenocristales de ambas secciones quedan dentro de un rango que va del 35 al 40% de fenocristales. Las características que comparten en ambas secciones, Santa Catarina y El Salto, son la estructura columnar, el color que es morado en su mayoría de afloramientos son las características que a gran escala muestra la ignimbrita Victoria II. Los minerales son cuarzo, sanidino, plagioclasa.

En las siguientes tablas se muestra la comparación de las características de los análisis petrográficos de ignimbritas en Santa Catarina, donde se realizó la sección Santa Catarina y de los análisis petrográficos de las muestras que se recolectaron cerca de Tierra Blanca donde se realizó la sección El Salto.

Tabla 7. Comparación de características de los análisis petrográficos de la ignimbrita Victoria I.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ANÁLISIS PETROGRÁFICOS		
Ignimbrita	Victoria I, Santa Catarina	Victoria I, El Salto
Textura	Inequigranular porfídica	Inequigranular porfídica
Cristalinidad	Hipocristalina	Hipocristalina
% de Cristales	20-40	20-30
Matriz	Vítrea	Vítrea
Sanidino	Si	Si
Oligoclasa	Si	Si
Cuarzo	Si	Si
Micas	Si	Si
Glomero cristales	Si	No
Piroxenos	Si	Si
Vidrio aplastado	Si	Si
Minerales opacos	Si	Si

Las características de las ignimbritas Victoria I, de las secciones Santa Catarina y El Salto, muestran similitud en los análisis petrográficos, aunque los porcentajes no fueron los mismos, quedan dentro de un margen de porcentaje que va del 20 a 40%, contienen los mismos minerales; sanidino, oligoclasa, cuarzo, micas, piroxenos, presencia de vidrio aplastado y minerales opacos. Tienen una textura inequigranular porfídica, su cristalinidad es hipocristalina y su matriz es vítrea. La figura 58 muestra la similitud observada en la petrografía de dos muestras representativas de cada sector.

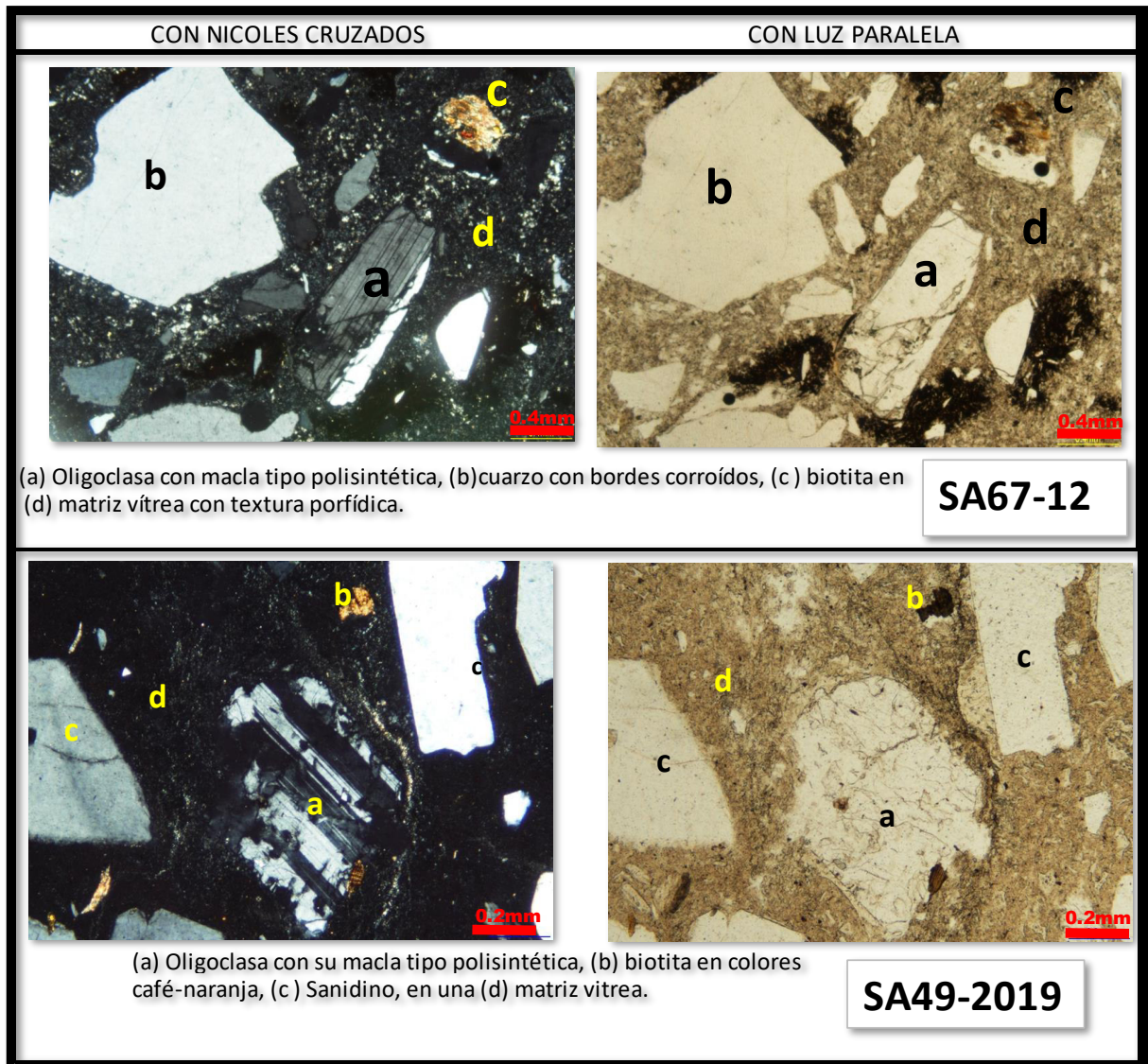


Figura 58. Petrografía de la ignimbrita Victoria I, donde la clave SA67-12 corresponde al sector El Salto y la clave SA49-2019 es del sector Santa Catarina.

Tabla 8. Comparación de características de los análisis petrográficos de la ignimbrita Victoria II.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ANÁLISIS PETROGRÁFICOS		
Ignimbrita	Victoria II, Santa Catarina	Victoria II, El Salto
Textura	Inequigranular porfídica	Inequigranular porfídica
Cristalinidad	Hipocristalina	Hipocristalina
% de Cristales	20-40	15-20
Matriz	Vítrea	Vítrea
Sanidino	Si	Si
Oligoclasa	Si	Si
Cuarzo	Si	Si
Micas	Si	Si
Glomerocristales	No	No
Pomez	Si	Si
Piroxenos	Si	Si
Vidrio aplastado	Si	Si
Minerales opacos	Si	Si

Las características de las ignimbritas Victoria II, de las secciones Santa Catarina y El Salto, muestran similitud en los análisis petrográficos, aunque los porcentajes del contenido de fenocristales tienen mucha irregularidad, sin embargo, contienen ambas secciones los mismos minerales; sanidino, oligoclasa, cuarzo, micas, piroxenos, pómez y minerales opacos. Tienen una textura inequigranular porfídica, su cristalinidad es hipocristalina y su matriz es vítrea (Fig. 59).

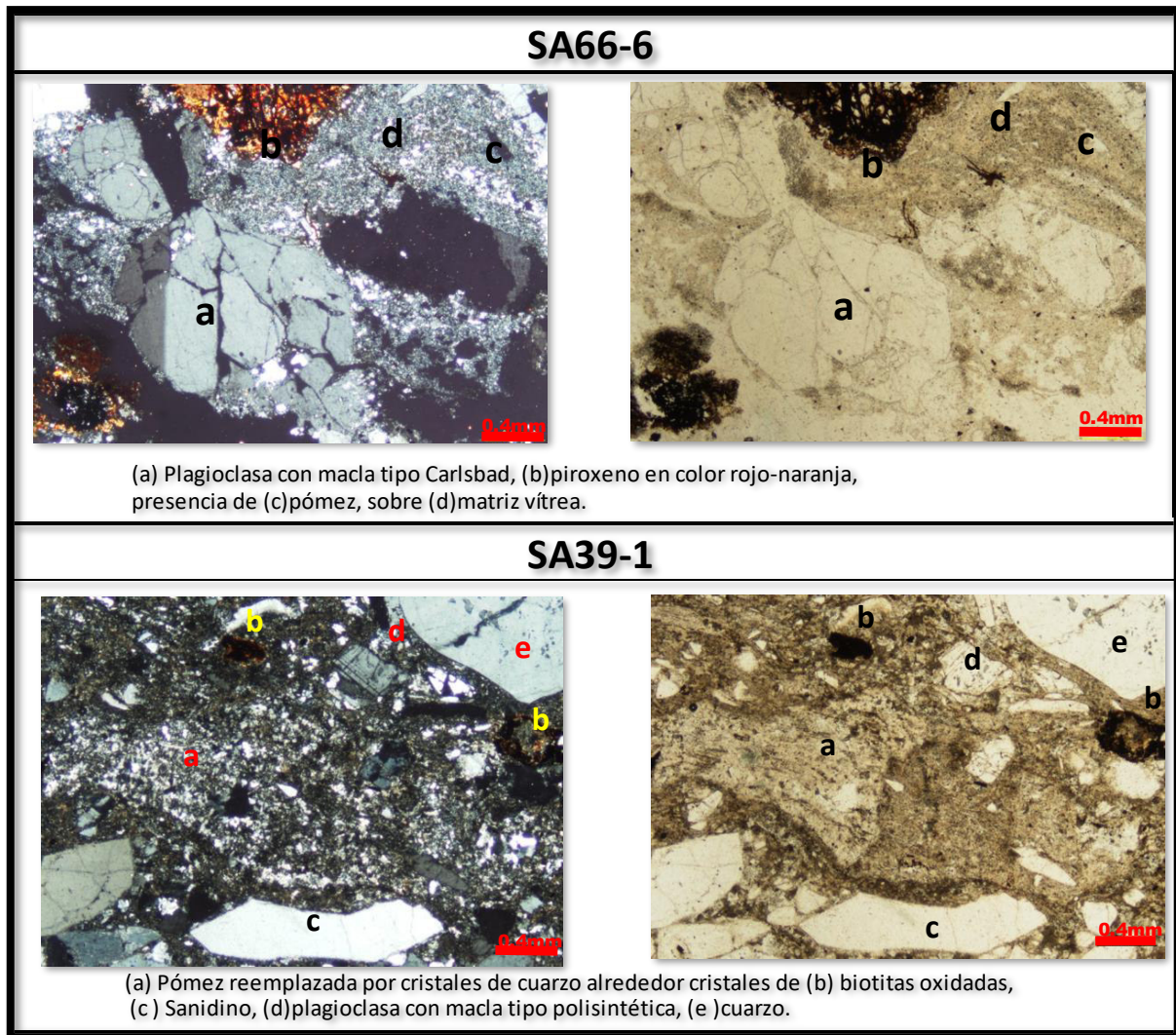


Figura 59. Petrografía de la ignimbrita Victoria II, donde la clave SA66-6 corresponde al sector El Salto y la clave SA39-1 es del sector Santa Catarina.

Comparación con las ignimbritas de los campos volcánicos CVSLP y CVRSM

La ignimbrita Victoria I, tiene las siguientes características: es de color gris y en ocasiones se muestra en un tono rosa, su textura es porfídica y tiene una matriz vítrea, los minerales que tiene son cuarzo, sanidino, biotita, plagioclasa y fiamme. Es una ignimbrita de bajo soldamiento y tiene una estructura horizontal, en su base hay un vitrófido brechoso.

La ignimbrita Vitoria II, presenta las siguientes características: color morado, su textura es porfídica, tiene una matriz vítrea y contiene los siguientes minerales: cuarzo, sanidino,

plagioclasa. Es una ignimbrita con un soldamiento alto y una estructura columnar, en su base hay un vitrófiro con un espesor de 3m y plagioclasas ahumadas.

Las ignimbritas del Campo Volcánico San Luis Potosí (CVSLP) (Labarthe-Hernández et al., 1982) y Campo Volcánico Río Santa María que han sido descritas por Labarthe-Hernández et al., (1989); Tristán-González, (1986), Aguillón-Robles et al., (2004), Tristán-González et al., (2009). Donde proponen que la ignimbrita Cantera, por lo general es una roca de color café-rosáceo, de textura porfirítica. Su composición mineralógica es de fenocristales de cuarzo >> sanidino > biotita, con pómez abundante y un 5 % de líticos de color café en una matriz parcialmente desvitrificada. Los derrames con soldamiento alto poseen estructura columnar. Y la ignimbrita Santa María, que es descrita de la siguiente manera *“Se trata de una roca rica en fenocristales de cuarzo y en menor cantidad sanidino y plagioclasa, en matriz parcialmente desvitrificada. Contiene pómez colapsada y la matriz está por lo general oxidada, tiene una estructura columnar típica de las ignimbritas, su base es un vitrófido de color negro lenticular”*.

En la siguiente tabla se comparan las 2 ignimbritas, las características físicas de los afloramientos entre las ignimbritas Victoria I y Victoria II, con las características físicas de las ignimbritas del Campo Volcánico San Luis Potosí (CVSLP) y Campo Volcánico Río Santa María (CVRSM).

Tabla 9. Comparativa entre las ignimbritas Victoria I, Victoria II, Cantera y Santa María.

COMPARACIÓN DE IGNIMBRITAS				
Ignimbrita	Victoria I	Victoria II	CVSLP y CVRSM	
			Cantera	Santa María
Color	Gris a rosa	Morado	Café-rosácea	Gris-rojo
Textura	Porfídica	Porfídica	Porfídica	Porfídica
Matriz	Vítrea	Vítrea	Desvitrificada	Desvitrificada
Soldamiento	Bajo	Alto	Alto	Alto
Estructura	Horizontal	Columnar	Columnar	Columnar
Cuarzo	Si	Si	Si	Si
Sanidino	Si	Si	Si	Si
Biotita	Si	No	Si	No
Pomez	Si	No	Si	Si
Plagioclasa	Si	Si	No	Si

CAPÍTULO IV

Discusión e interpretación

Los resultados de campo, la estratigrafía y el estudio petrográfico, permitieron identificar en la zona tres unidades principales de ignimbritas, con características diferentes. Estas ignimbritas son:

1) Victoria I, es una ignimbrita de composición riolítica por su contenido mineralógico: cuarzo, feldespatos potásicos, plagioclasas, biotita, pómez colapsada y ceniza de vidrio desvitrificado y presencia de esferulitas. La ignimbrita tiene estructura horizontal, con columnas cortas y está parcialmente soldada, con un espesor aproximado de 260 m con una distribución espacial dentro de los 245 km² de área. Tiene coloración rosa oscuro que nos indica que es un flujo tipo félsico. La ignimbrita Victoria II sobreyace a la Victoria I.

2) Victoria II, es una ignimbrita de composición riolítica, clasificada así por el estudio petrográfico, con una mineralogía compuesta por cuarzo, plagioclasas, feldespatos potásicos, algunos con textura polisintéticas y vidrio. Los fragmentos de vidrio tienen formas “cusplate” y “platy” propias de erupciones magmáticas explosivas (Fisher y Shminke, 1984). De acuerdo a los datos de campo, Victoria II (Fig. 59) es una ignimbrita gigante, su distribución espacial abarca un área mucho mayor a los ~245 km² que abarca el área de estudio, extendiéndose hacia al norte y el sur, su espesor es de aproximadamente 200 m. Se caracteriza por haber desarrollado columnas de enfriamiento, notorias desde la distancia, con columnas muy altas. Tiene tonos rosa-morado debido al alto grado de soldamiento. En Santa Catarina, la ignimbrita Victoria II presenta exfoliación esferoidal, que se desarrolla generalmente en rocas densas, como lavas y que en esta ignimbrita se ha formado esta estructura por su alto grado de soldamiento e hidratación del vidrio.



Figura 60. Ignimbrita Victoria II, se muestra las juntas de enfriamiento (estructura columnar) que nos indica que es mayormente soldada.

3) Victoria 0, es una ignimbrita de composición riolítica por su contenido de minerales en las láminas delgadas, cuarzo, feldespatos potásicos, plagioclasas, micas, presencia de vidrio, pómez siendo reemplazada. Es un depósito muy soldado y se identificó fiamme.

De acuerdo a la estratigrafía la ignimbrita Victoria 0 tiene una oleada basal y sobreyaciendo a la ignimbrita descansa la oleada piroclástica que subyace a la ignimbrita gigante Victoria I, esto es en la sección El Salto, en Tierra Blanca.

Se tiene un vitrófiro brechoso, en la sección Santa Catarina, que se encuentra en la parte inferior de la ignimbrita Victoria II (sección El Salto).

En la sección Santa Catarina, un dique dacítico atraviesa a las oleadas piroclásticas, a la ignimbrita Victoria I, al vitrófiro brechoso y a la ignimbrita Victoria II; seguramente el dique estuvo relacionado al emplazamiento de domos dacíticos observados en los alrededores.

La distribución espacial de estas ignimbritas gigantes abarca casi toda el área de estudio ~203 km²; sin embargo, se observa que las ignimbritas Victoria I y II se extienden mucho más allá del área de estudio, tanto al norte como al sur. La distancia lineal entre el inicio de la sección Santa Catarina y el inicio de la sección El salto es de ~22.7 km.

Interpretamos que estas ignimbritas gigantes fueron generadas por la formación de una caldera ubicada hacia el norte y relacionada con magmas de composición dacítica y riolítica.

Una caldera de colapso es una estructura volcánica que se forma durante el colapso de la corteza, sobre una cámara magmática poco profunda (Cas y Wright, 1987; Lipman, 1997; Martí et al., 1994; Cole et al., 2005; Gottsmann y Martí, 2008). Durante este colapso, un gran volumen de magma se evacua explosivamente en forma de grandes volúmenes de material piroclástico formador de ignimbritas (Gottsmann y Martí, 2008; Aguirre-Díaz, 2008).

Considerando la zona de estudio, la geología (estratigrafía) y las dimensiones de las ignimbritas se toma el tipo Graben caldera, término propuesto por Aguirre-Díaz, G., (2008), quien menciona que estas estructuras son formadoras de ignimbritas de gran volumen, además que la Sierra Madre Occidental es un buen ejemplo para el desarrollo de este tipo de calderas.

La zona de estudio de la presente tesis es aledaña a San Luis Potosí, por lo que se realizó una comparativa con las características de las ignimbritas aflorantes y estudiadas de las zonas del Campo Volcánico de San Luis Potosí (CVSLP) y el Campo Volcánico del Río Santa María (CVRSM), las cuales se localizan al norte del área de tesis.

La ignimbrita Cantera, perteneciente al CVSLP y Campo Volcánico Sierra San Miguelito (CVSSM), que es una roca de color café-rosáceo con una textura porfídica, con fenocristales de cuarzo, sanidino, biotita y con abundante pómez, en una matriz parcialmente desvitrificada. Esta ignimbrita tiene una estructura columnar y un alto soldamiento. Estratigráficamente se encuentra sobre Riolita San Miguelito. La ignimbrita Cantera subyace a la ignimbria Panalillo Inferior (Labarthe-Hernández et al., 1982).

La ignimbrita Santa María, del CVSLP, CVSSM y CVRSM cubre depósitos sedimentarios (Aguillón-Robles et al., 2004; Tristán-González et al., 2009), y contiene es fenocristales de cuarzo, en menor cantidad sanidino y plagioclasa en una matriz desvitrificada. Es una ignimbrita soldada, con pómez colapsada y su matriz por lo general está oxidada. Tiene estructura columnar y en la base aparece un vitrófido lenticular. Sobre la ignimbrita Santa María, se encuentra la andesita Estanco y Golondrinas (López-Loera et al., 2013), esta roca es de color negro, afanítica con fenocristales de plagioclasa y biotita en una matriz vítrea (Labarthe-

Hernández et al., 1982; Labarthe-Hernández et al., 1984). Aguirre- Díaz y Labarthe- Hernández (2003), mencionan que las ignimbritas de los campos volcánicos CVSLP, CVSSM y CVRSM fueron emitidas a través de conductos fisúrales relacionados a los sistemas de fallas regionales de la provincia de Cuencas y Sierras. En 2008, Aguirre-Díaz et al. Confirman que las ignimbritas de esta región, y en general de la SMO, conocido como el Ignimbrite Flare-up, fueron emitidas de calderas tipo graben o sistemas de fallas de tipo Cuencas y Sierras.

La estratigrafía de las secciones Santa Catarina y El Salto no son totalmente iguales. La ignimbrita Victoria II es una roca de color morado con una textura porfídica y con fenocristales de cuarzo, sanidino, plagioclasa en una matriz vítrea. Esta ignimbrita tiene una estructura columnar y es de alto soldamiento, con una exfoliación esferoidal. En la sección Santa Catarina, se encuentra en su base una oleada piroclástica y en la parte superior de esta ignimbrita se encuentra un vitrófido brechoso. Un dique de composición dacítica corta estas unidades.

Las ignimbritas gigantes de Victoria I y Victoria II se semejan con las grandes ignimbritas de Cantera, Panalillo y Río Santa María; sobre todo con este última. La ignimbrita Río Santa María tiene características parecidas a las ignimbritas Victoria en cuanto a posición estratigráfica, sobreyaciendo domos dacíticos, y en cuanto a composición, presentando similares contenidos mineralógicos, así como en estilos de soldamiento y presencia de columnas de enfriamiento y lajeamiento horizontal. Por otro lado, en ambas secuencias, Río Santa María y Victoria, se observa un vitrófiro basal y ausencia de depósitos de pómez de caída. Esta última observación es una característica de depósitos asociados a calderas tipo graben (Aguirre-Díaz, 2008; Aguirre-Díaz et al., 2008).

Por lo anterior, las ignimbritas Victoria I y II, son eventos de erupciones masivas de gran volumen, probablemente relacionadas a una caldera tipo graben, aún por confirmar, quedando por establecer en futuros estudios la ubicación de dicha caldera y la posible correlación con la ignimbrita de Río Santa María.

CAPÍTULO V

Conclusiones

En la región de Tierra Blanca y Santa Catarina, en la parte oriental del Estado de Guanajuato entre los límites con San Luis Potosí y Querétaro, se tiene un área de 245 km² definida como el área de este estudio de tesis, donde se describen las características principales de las ignimbritas Victoria I y Victoria II.

Se midieron dos secuencias estratigráficas representativas del área de estudio, definidas como Sección El Salto y Sección Santa Catarina, tomando los nombres de las localidades tipo. Se colectaron 34 muestras de las cuales 27 fueron seleccionadas para el análisis petrográfico. Se identificó la correlación entre las dos ignimbritas de las secciones Santa Catarina y EL Salto.

La ignimbrita Victoria I, está parcialmente soldada, con desarrollo de foliación o lajeamiento horizontal, y con zonas esferulíticas por devitrificación. Contiene fenocristales de cuarzo, sanidino, plagioclasa, algunas biotitas y fiamme. Victoria I tiene un espesor de 260 m.

La ignimbrita Victoria II, sobreyace a la Victoria I. Un vitrófiro basal negro desarrollado en la base de Victoria II separa a ambas. Victoria II esta intensamente soldada y presenta altas y delgadas columnas de enfriamiento que son características de esta unidad. Contiene fenocristales de cuarzo, sanidino, plagioclasa y fiamme bien colapsado. Victoria II tiene un espesor de 200 m.

Además de las ignimbritas Victoria I y II, a manera local se observó una tercera ignimbrita, denominada como ignimbrita 0 (Cero), la cual subyace a Victoria I en la sección de El Salto. En la sección Santa Catarina no se observa esta unidad.

Las ignimbritas Victoria I y II son ignimbritas típicas de la provincia de la Sierra Madre Occidental, y del Ignimbrite Flare-up del Terciario Medio. Son ignimbritas félsicas de gran volumen. El área estudiada es sólo una fracción representativa de la amplia distribución de estas ignimbritas gigantes, las cuales se extienden al norte y sur. Estas ignimbritas fueron probablemente producto de una gran caldera, que aún está por ser identificada.

ANEXO, ESTUDIO PETROGRÁFICO

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA

DESCRIPCION PETROGRAFICA



# MUESTRA	1	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA39-1		389552	2340527	1686
SECCION:	SANTA CATARINA	UNIDAD:	IGNIMBRITA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura			
SA39-1	Plagioclasa	15	Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vítrofica	Traquítica
	Micas	7										
	Sanidino	33										
	Pómez	1										
	Opacos	1										
Cristalinidad			X			X		X				
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones												

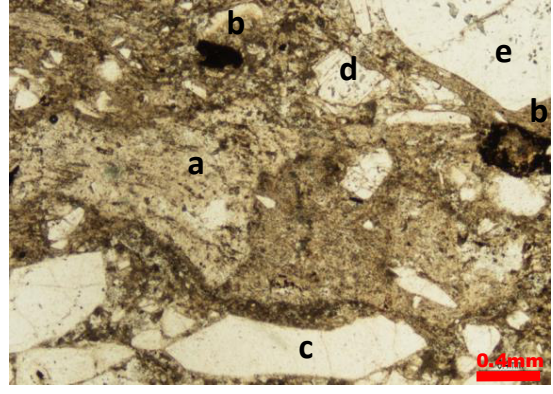
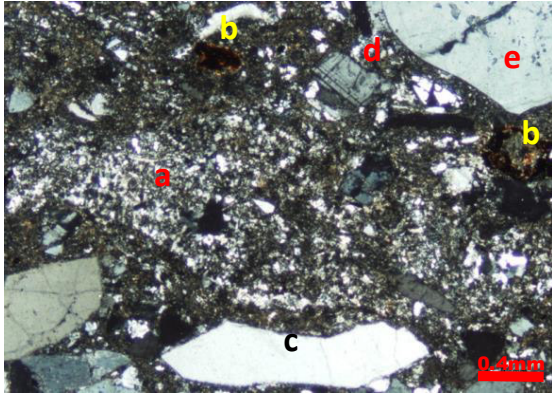
FOTOMICROGRAFÍA; con objetivos 2x, 10x

CON NICOLES CRUZADOS

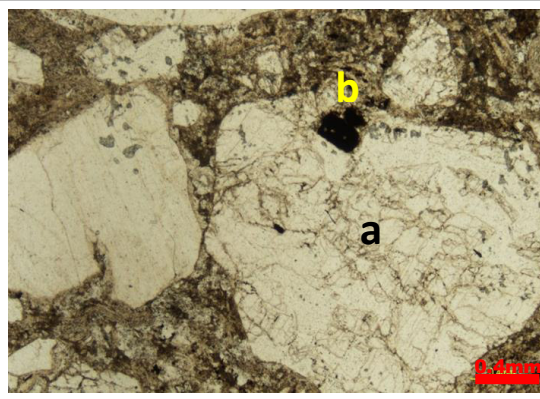
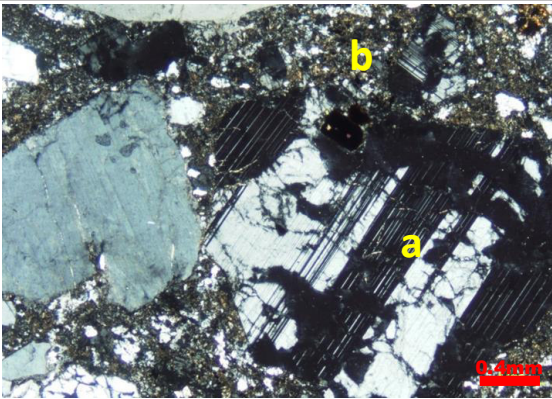
CON LUZ PARALELA



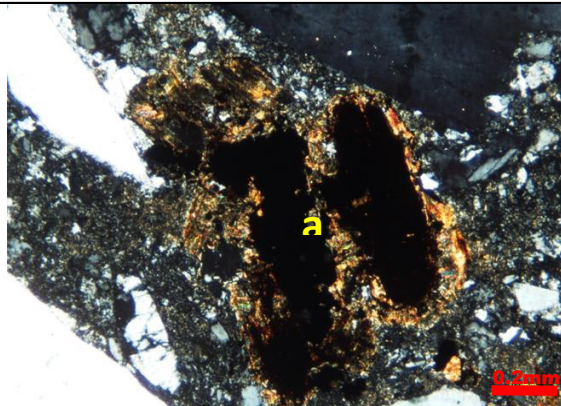
(a) Sanidino sin macla con extinción paralela sobre una matriz vítrea.



(a) Pómez reemplazada por cristales de cuarzo alrededor cristales de (b) biotitas oxidadas, (c) Sanidino, (d)plagioclasa con macla tipo polisintética, (e) cuarzo.



(a) Plagioclasa de tipo oligoclasa con maclas tipo polisintética con (b) inclusiones de vidrio.



(a) Micas (biotita) con oxidación que se presenta en colores café-naranja, en una matriz vítrea.

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCION PETROGRAFICA



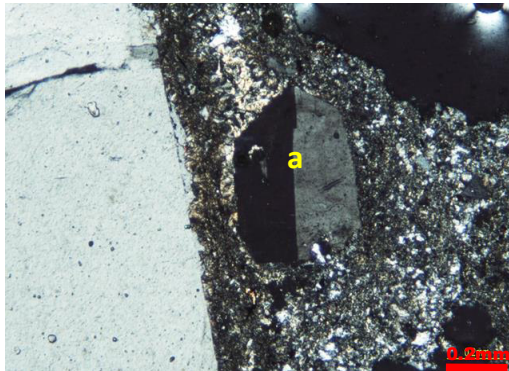
# MUESTRA	2	COORDENADA	X	Y	Z
MUESTRA:	SA39-2		388465	2340952	1712
SECCION:	SANTA CATARINA	UNIDAD:	IGNIMBRITA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura		
			Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vitrofídica
SA39-2	Sanidino	3									
	Micas	3									
	Cuarzo	3									
	Opacos	1									
Cristalinidad				X			X		X		
Holocristalina											
Holohialina											
Hipocristalina	X										
Perlítica											
Esferulítica											
Matriz											
Vítrea	X										
Cristalina- vítrea											
Cristalina											
Observaciones											

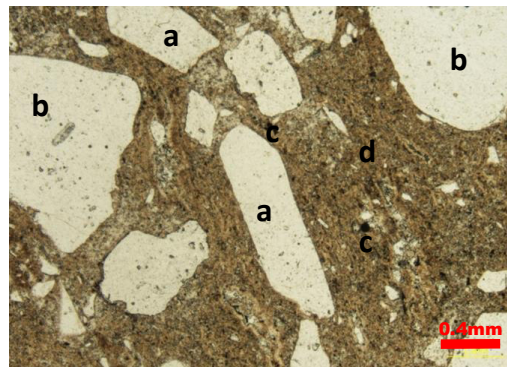
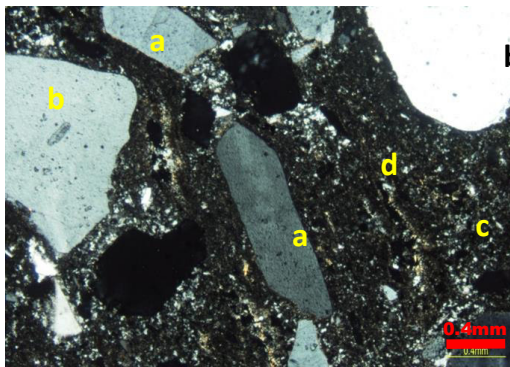
FOTOMICROGRAFÍA; con objetivos 2x, 4x

CON NICOLES CRUZADOS

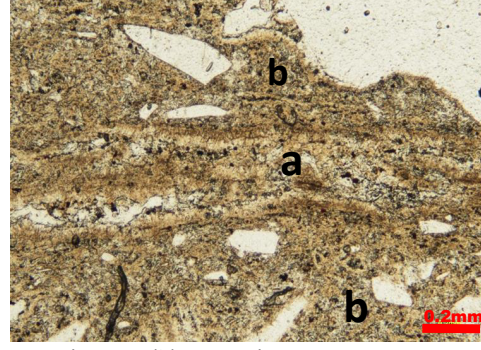
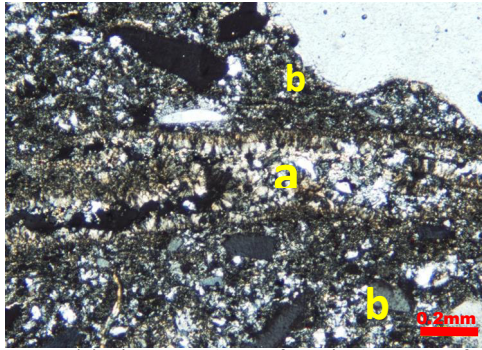
CON LUZ PARALELA



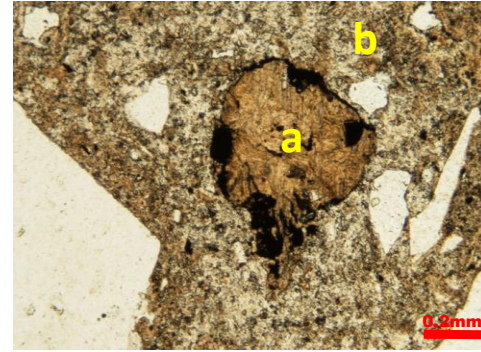
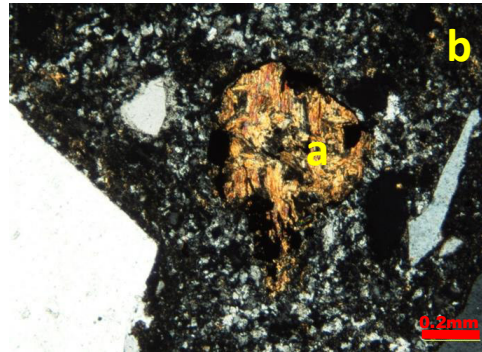
(a) Feldespato potásico (sanidino) con macla tipo Carlsbad.



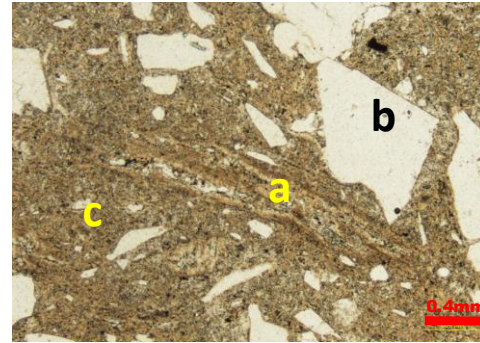
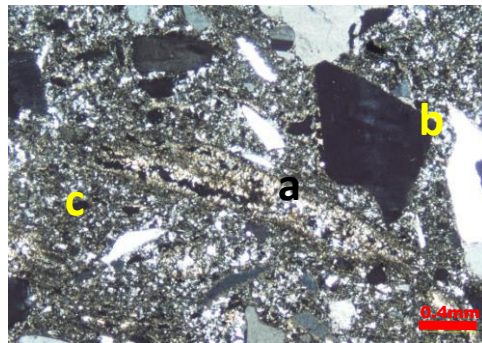
(a) Sanidino sin macla, (b) alrededor cuarzo con sus bordes corroídos. La presencia de (c) minerales opacos, en (d) matriz vítrea.



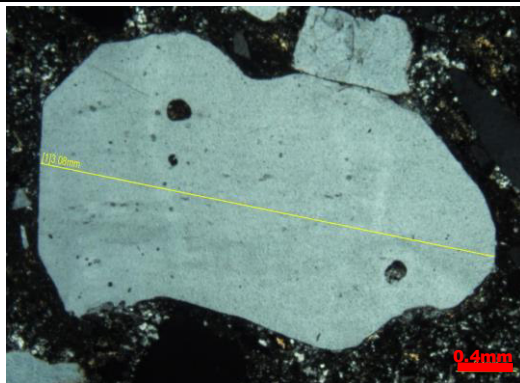
(a) Pómez con desvitrificación de cuarzo y feldespato potásico, en (b) matriz vítrea con cristales de cuarzos.



(a) Biotita con oxidación por eso las tonalidades café-naranja, sobre una (b) matriz vítrea con textura porfídica.



(a) Pómez con bordes alterados y con una recristalización de cuarzo, alrededor otros (b) cristales de feldespatos potásicos y en la (c) matriz se ven cristales de cuarzo de menor tamaño.



El mineral mas grande que se encontro en esta lamina delgada fue un cuarzo con sus bosrdes corroidos que mide 3.08mm

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCION PETROGRAFICA



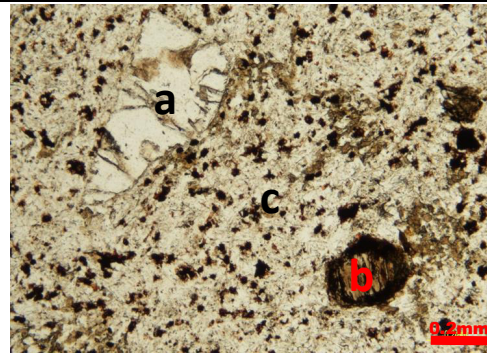
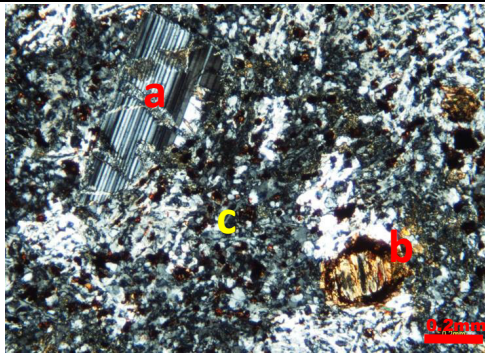
# MUESTRA	3	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA39-3		388376	2341542	1755
SECCION:	SANTA CATARINA	UNIDAD:	IGNIMBRITA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño		Textura				
SA39-3	Plagioclasa	15	Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3 mm - 3 mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vítrofa	Trauquítica
	Feldespato K	-1										
	Micas	10										
	Piroxenos	1										
	Opacos	1										
Cristalinidad			X		X			X				
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones	Presencia de clorita											

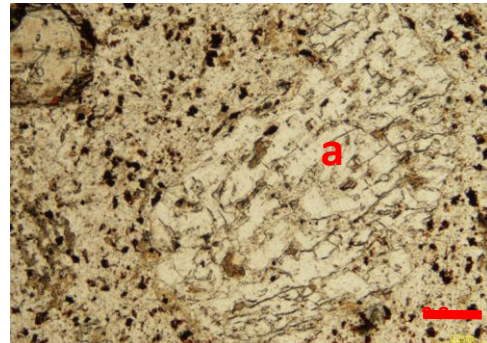
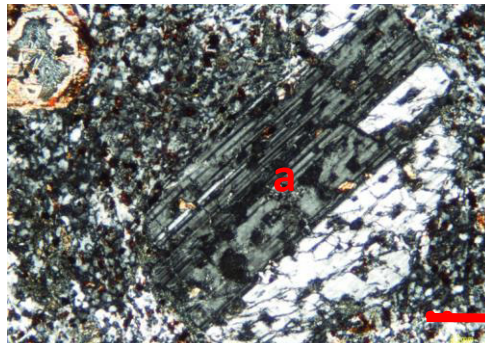
FOTOMICROGRAFÍA; con objetivos 2x, 4x

CON NICOLES CRUZADOS

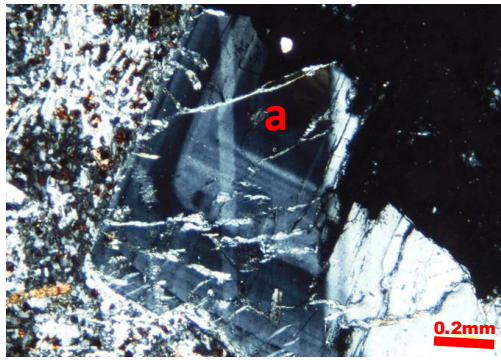
CON LUZ PARALELA



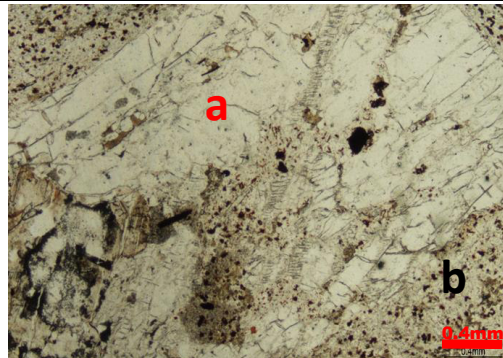
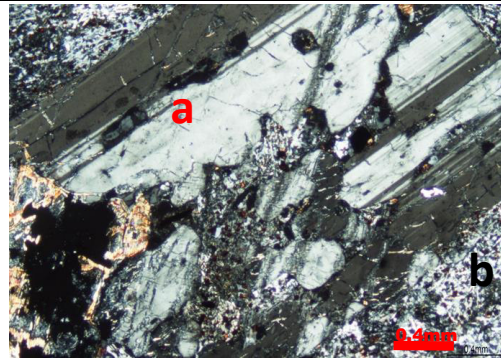
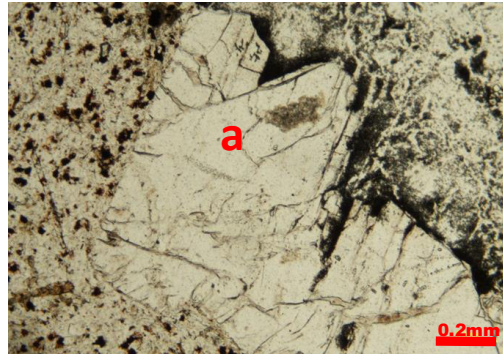
(a) Plagioclasa (oligoclasa) con maclas tipo polisintética, (b) micas (biotita) oxidada en colores café-naranja, (c) matriz vítrea con cristales de cuarzo.



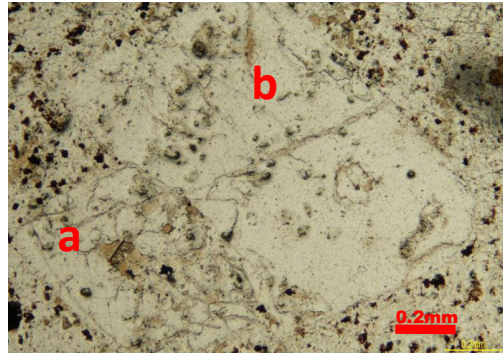
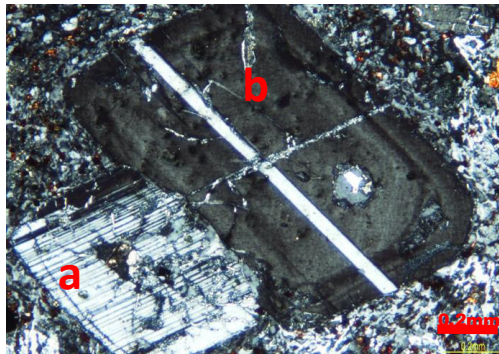
(a) Plagioclasa (oligoclasa) con macla tipo polisintética con inclusiones de vidrio en color café.



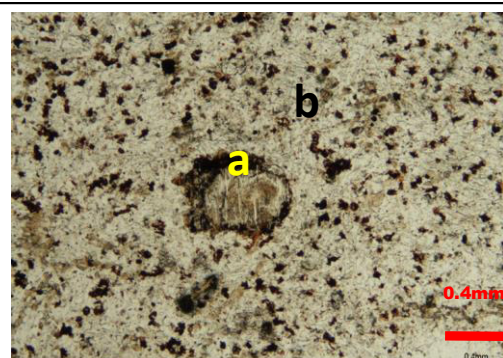
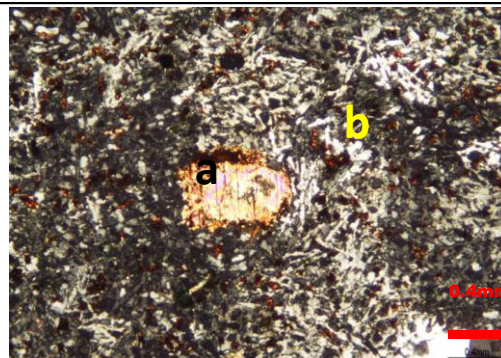
(a) Plagioclasa con zoneamiento.



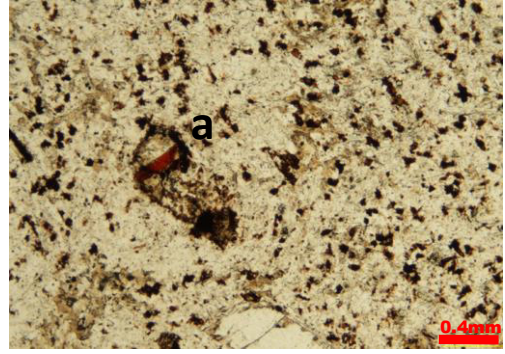
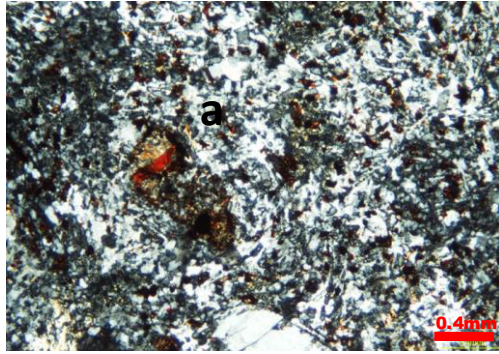
(a) Plagioclasa con bordes de reabsorción, en (b) matriz de esquirlas de ceniza.



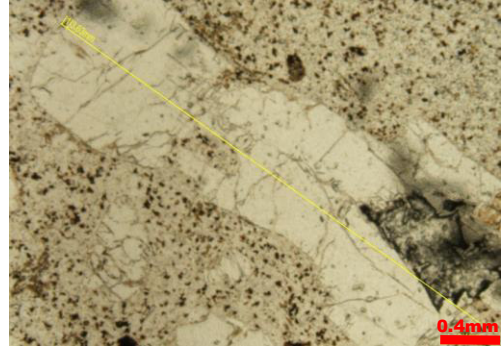
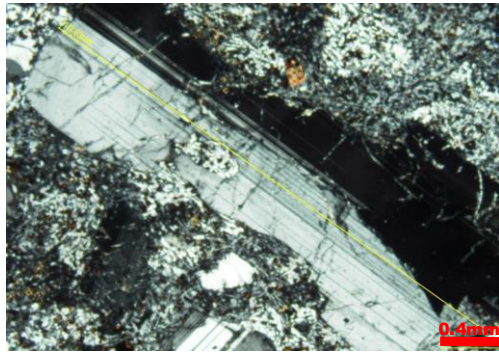
(a) Plagioclasa (oligoclasa) con maclas tipo polisintética y con (b) macla tipo lamelar y zonada.



(a) Augita, con un halo de reacción, a su alrededor (b) esquirlas de vidrio, dando una textura tipo vitroclástica.



(a) Piroxenos oxidados en colores rojizos.



Mineral mas grande que se encontró en esta lamina delgada fue una plagioclasa con un largo de 3.63mm

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



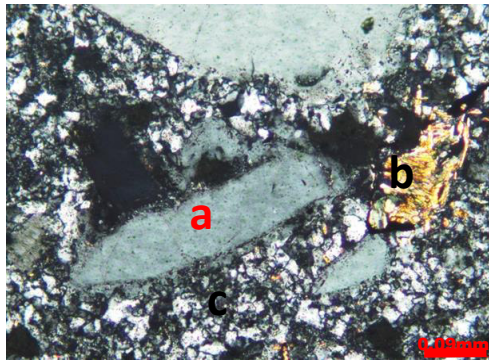
# MUESTRA	4	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA39-4		387805	2342477	1847
SECCION:	SANTA CATARINA	UNIDAD:	IGNIMBRITA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura		
			Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vitrofida
SA39-4	Cuarzo	25									
	Feldespato K	5									
	Micas	7									
	Piroxenos	5									
	Vidrio	-1									
	Opacos	1									
Cristalinidad				X			X		X		
Holocristalina											
Holohialina											
Hipocristalina				X							
Perlítica											
Esferulítica											
Matriz											
Vítrea				X							
Cristalina- vítrea											
Cristalina											
Observaciones											

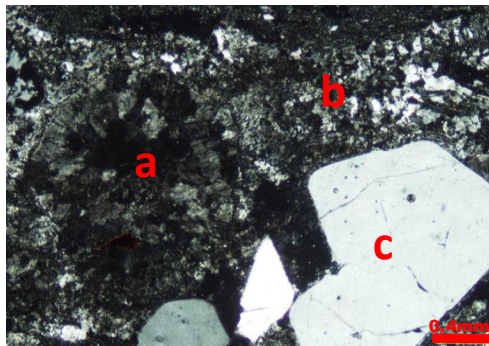
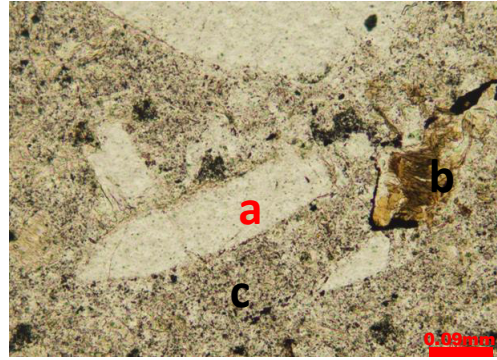
FOTOMICROGRAFIA; con objetivos 2x, 4x

CON NICOLES CRUZADOS

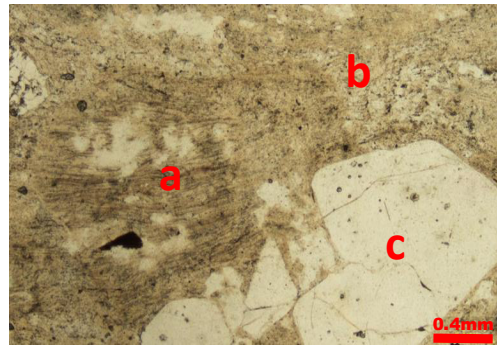
CON LUZ PARALELA

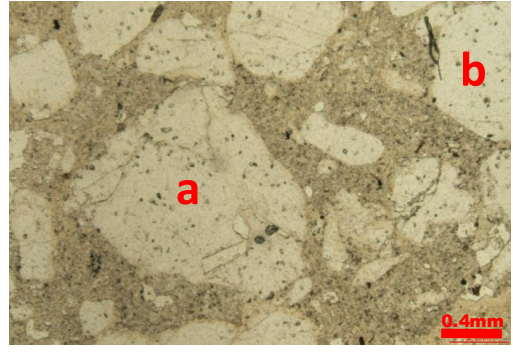
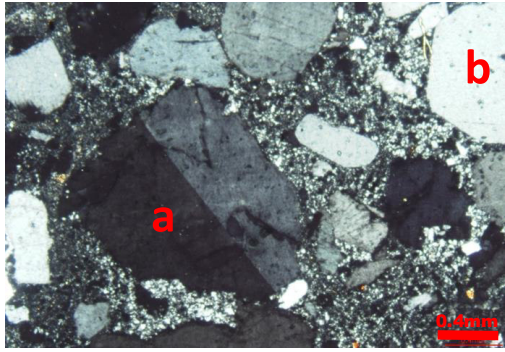


(a) Feldespato potásico (Sanidino) sin macla, (b) biotita en color amarillo-naranja en (c) matriz vítrea con microcristales de cuarzo.

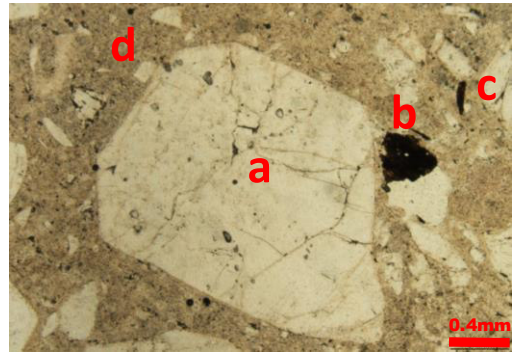
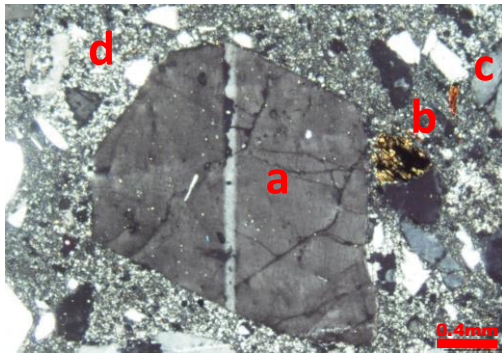


(a) Esferulita, (b) desvitrificación de cuarzo y feldespato potásico, (c) cuarzo.

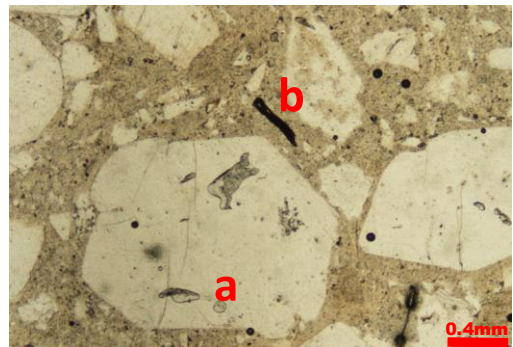
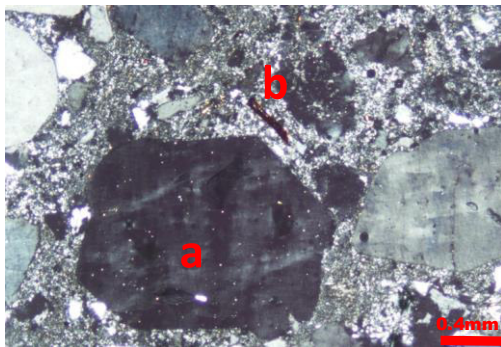




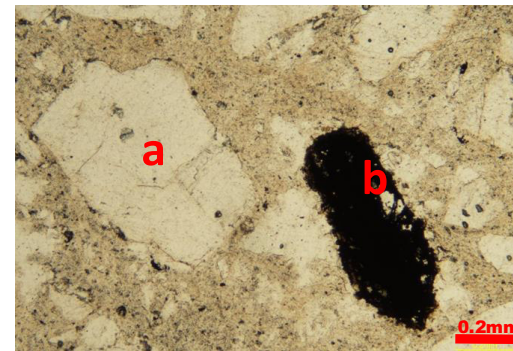
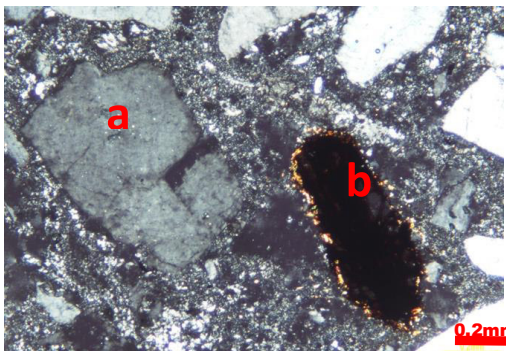
(a) Feldespato potásico (sanidino) con macla tipo Carlsbad, y (b) cuarzos con sus bordes corroídos, presencia de micas.



(a) Sanidino con macla tipo lamelar, (b) micas en color café-amarillo, (c) piroxeno en color rojo-naranja, en (d) matriz vítrea con desvitrificación de cuarzo.



(a) Cuarzo hexagonal, (b) presencia de micas, sobre matriz vítrea.



(a) Cuarzo con lados deformados y (b) piroxeno oxidado.

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



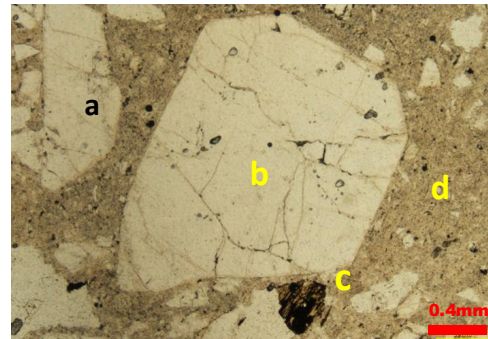
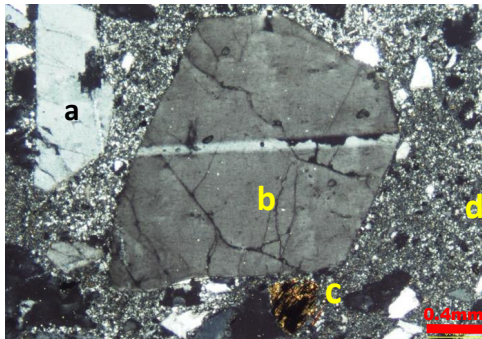
# MUESTRA	5	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA39-5		387287	2344035	2073
SECCION:	SANTA CATARINA	UNIDAD:	MASA VITREA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura			
			Euهدral	Subهدral	Anهدral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vitrofídica	Traquítica
SA39-5	Cuarzo	20										
	Feldespatos K	7										
	Micas	5										
	Piroxenos	1										
	Opacos	-1										
Cristalinidad			X			X			X			
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones	Presencia de esferulitas y circones.											

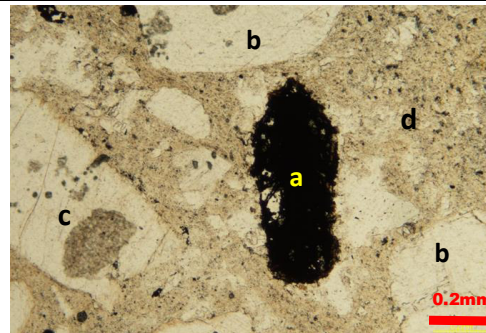
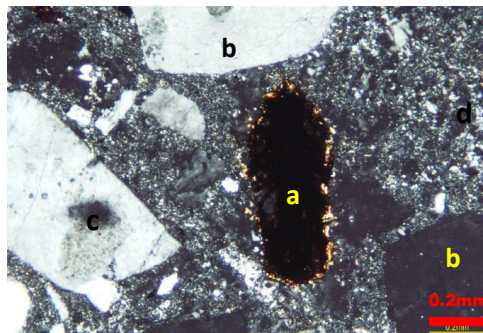
FOTOMICROGRAFIA; con objetivos 2x, 4x, 10x

CON NICOLES CRUZADOS

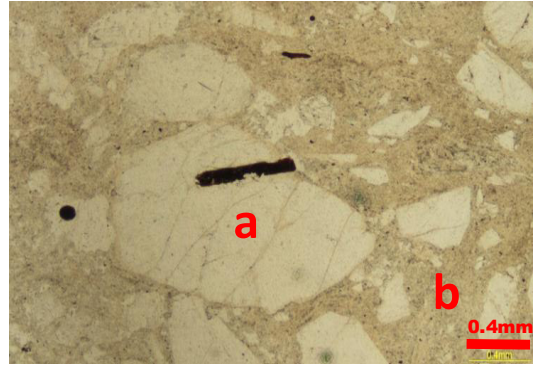
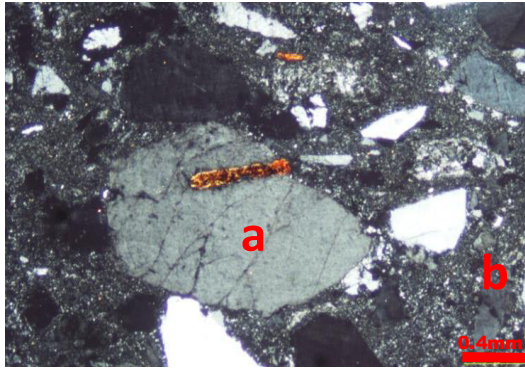
CON LUZ PARALELA



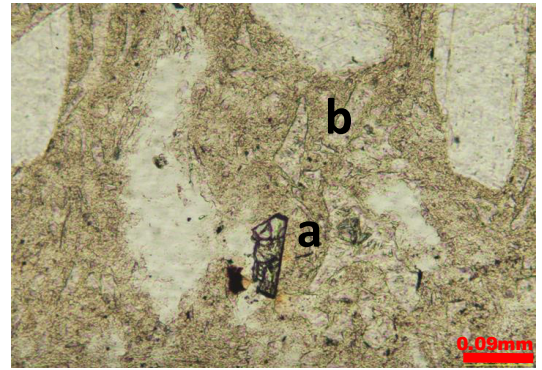
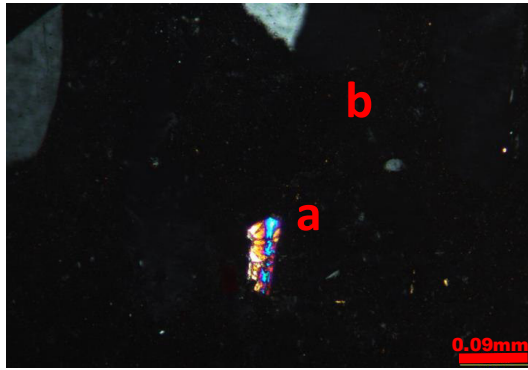
(a) Feldespato potásico (b) oligoclasa con macla tipo lamelar, (c) micas como la biotita en color café-anaranjado, en una (d) matriz vítrea.



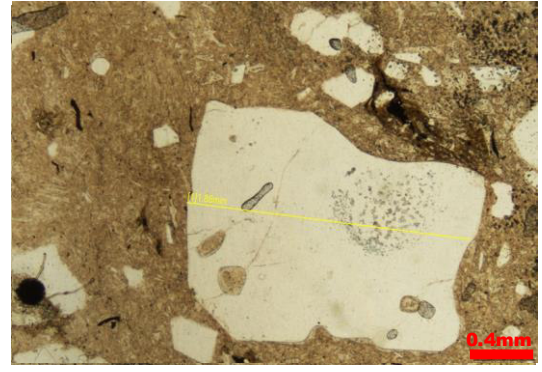
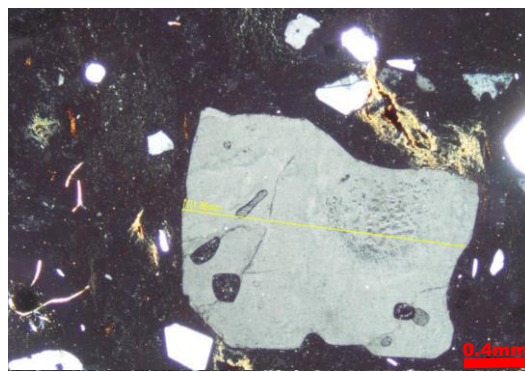
(a) Piroxeno oxidado, alrededor (b) cristales de cuarzo, (c) feldespatos potásicos, en (d) matriz vítrea.



(a) Cuarzo con incrustación de piroxeno, sobre una (b) matriz vítrea.



(a) Augita, en una (b) matriz vítrea.



Cuarzo con inclusiones de vidrio en color café, sobre una matriz vítrea.

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



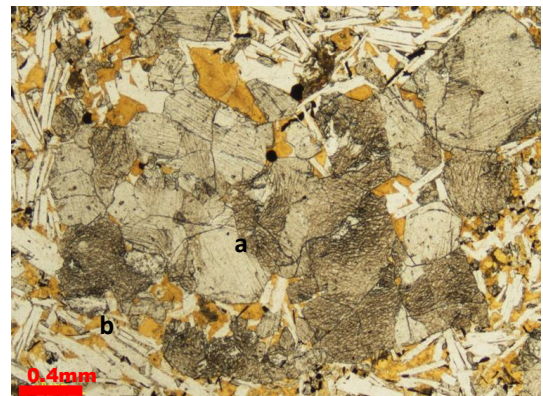
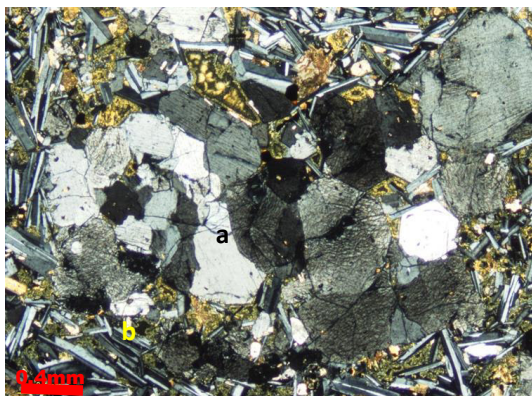
# MUESTRA	6	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA48-2019		389491	2341198	1685
SECCION:	SANTA CATARINA	UNIDAD:	DIQUE		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura			
SA48-2019	Cuarzo	20	Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vitrificada	Traquítica
	Feldespato K	30										
	Micas	7										
	Plagioclasas	15										
	Clorita	30										
	Glomero cristales	1										
	Opacos	-1										
Cristalinidad			X			X		X				
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perfídica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones	Zonamiento en algunas ortoclasas.											

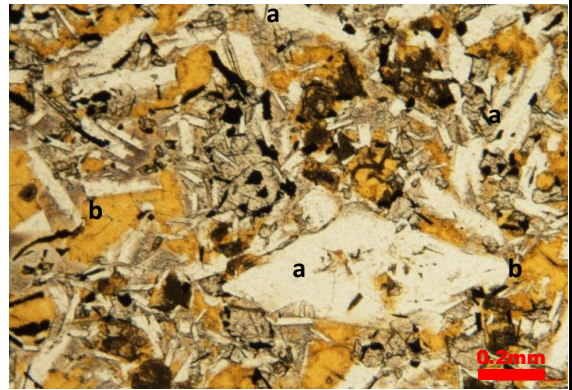
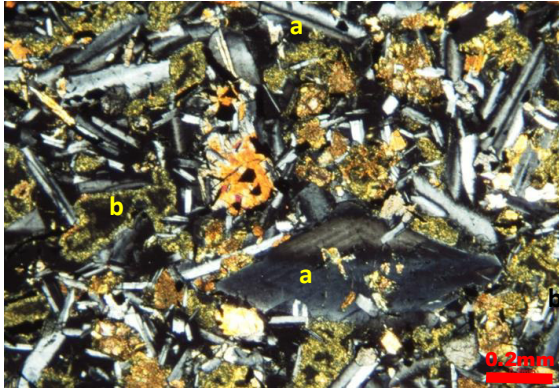
FOTOMICROGRAFÍA con objetivos 2x, 4x, 10x

CON NICOLES CRUZADOS

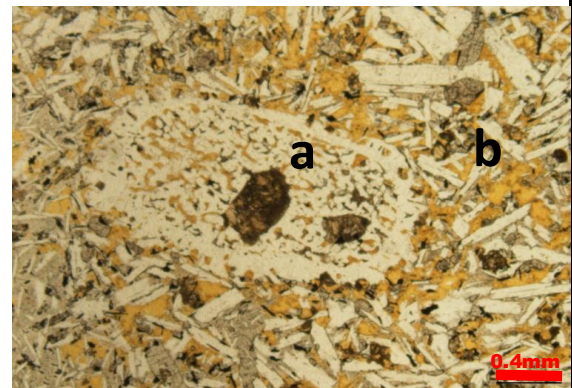
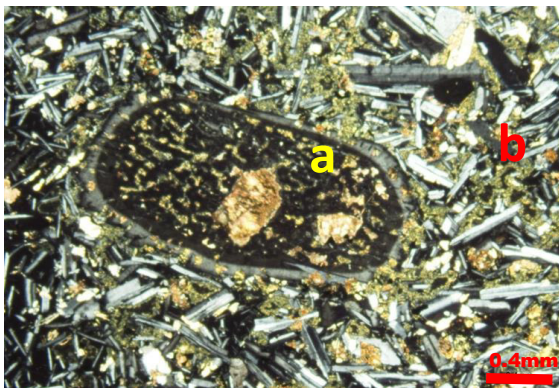
CON LUZ PARALELA



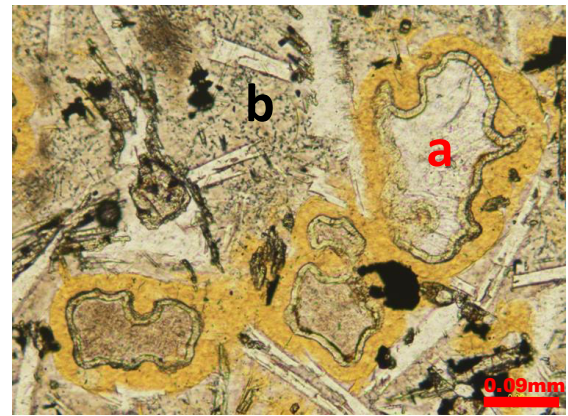
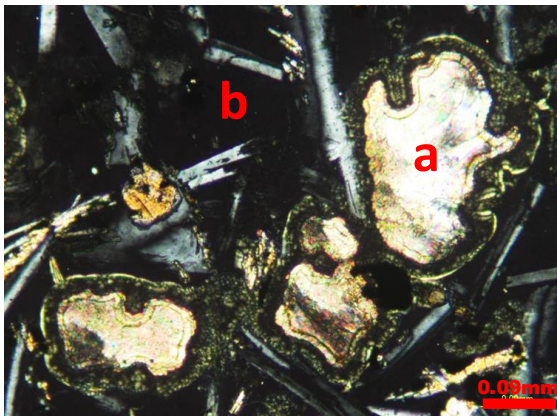
(a) Glomerocristal de cuarzo y plagioclasa, en una (b) matriz con textura intergranular.



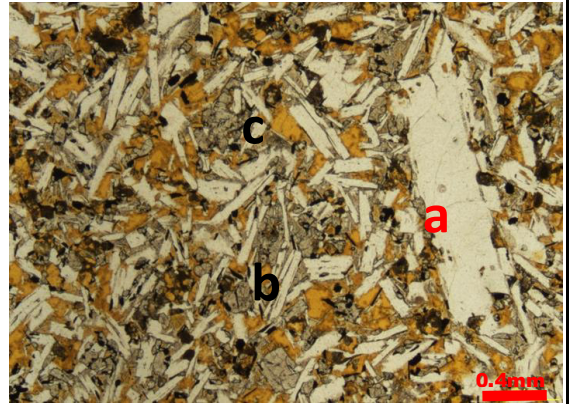
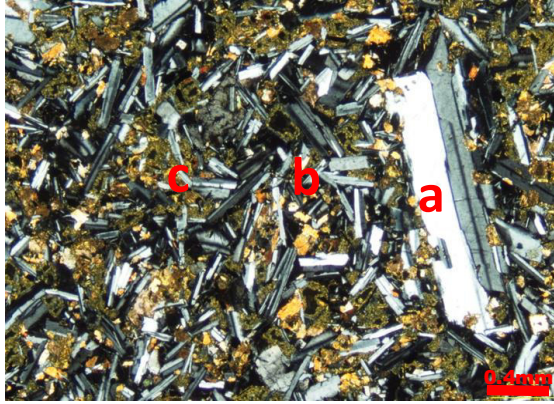
(a) Plagioclase muy zonada sobre matriz vítrea y (b) cloritizada.



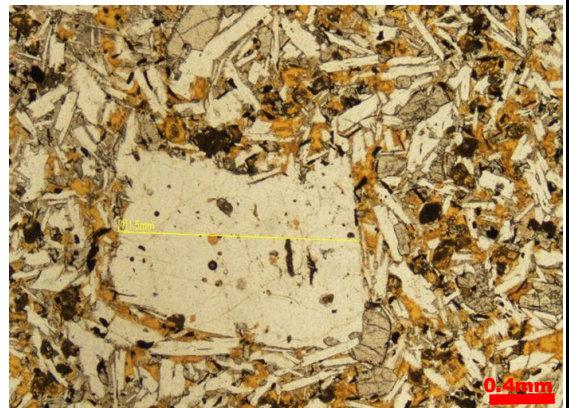
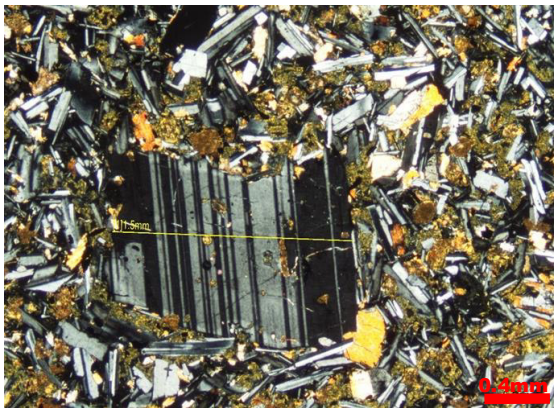
(a) Plagioclase tipo tamiz o frita, con incrustaciones de piroxeno con bordes de reacción por reequilibrio en una (b)matriz vítrea con plagioclase, clorita con textura intergranular.



(a) Relleno secundario de vesículas por fluidos de alteración, textura intercruzada, en una (b)matriz vítrea con plagioclase y alteración clorítica.



(a) Sanidino con macla tipo Carlsbad, (b) Oligoclase con macla tipo polisintética, la matriz tiene (c) clorita.



Plagioclase mas grande encontrada en esta lamina delgada con 1.5mm, rodeada de feldespatos potásicos, micas.

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



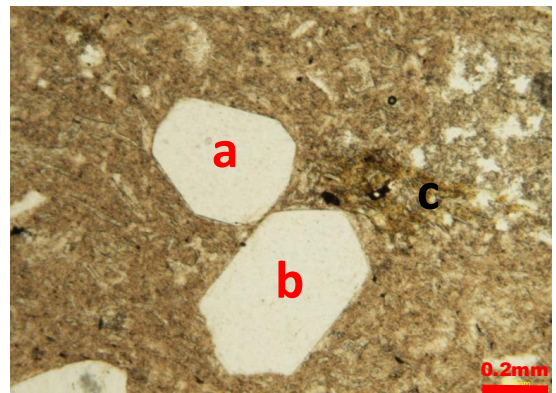
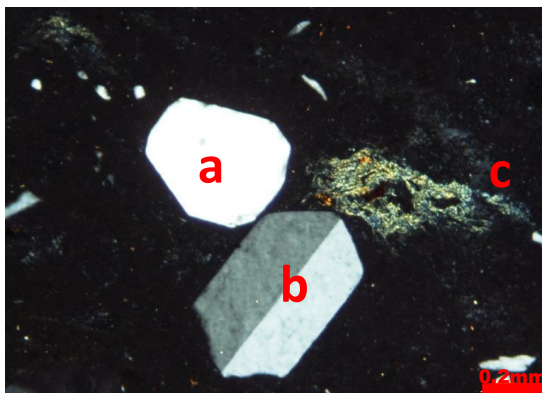
# MUESTRA	7	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA49-2019		399963	2341655	1814
SECCION:	SANTA CATARINA	UNIDAD:	IGNIMBRITA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura		
			Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vitrofida
SA49-2019	Cuarzo	10									
	Feldespato K	7									
	Micas	5									
	Plagioclasas	2									
	Opacos	1									
Cristalinidad			X			X			X		
Holocristalina											
Holohialina											
Hipocristalina	X										
Perlítica											
Esferulítica											
Matriz											
Vítrea	X										
Cristalina- vítrea											
Cristalina											
Observaciones	Presencia de clorita, en ocasiones alrededor de algunos cristales.										

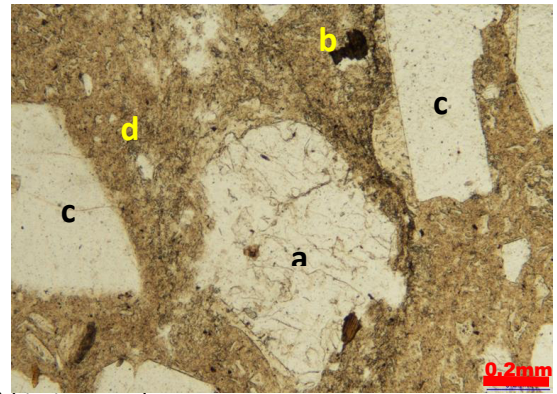
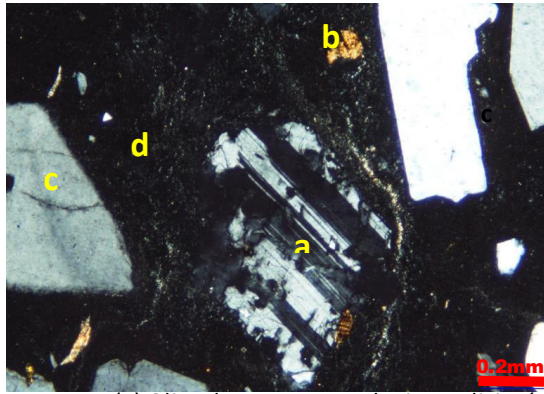
FOTOMICROGRAFÍA; con objetivos 2x, 4x

CON NICOLES CRUZADOS

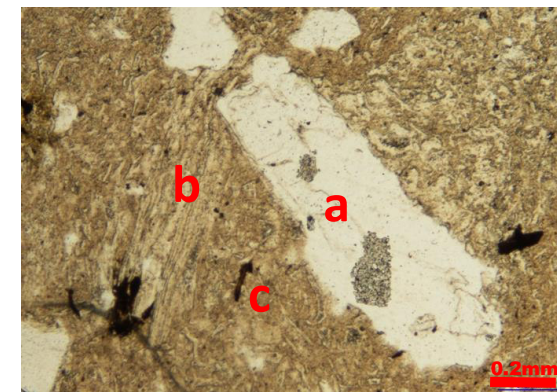
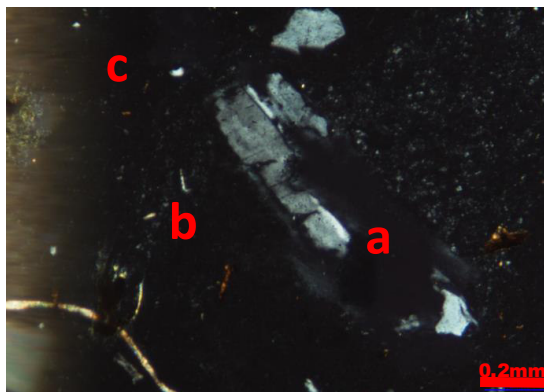
CON LUZ PARALELA



(a) Cuarzo, (b) sanidino con macla tipo carlsbad, (c) micas (biotita), presencia de clorita en la matriz.



(a) Oligoclase con su macla tipo polisintética, (b) biotita en colores café-naranja, (c) Sanidino, en una (d) matriz vítrea.



(a) Plagioclase, alrededor (b) pómez, en una (c)matriz vítrea.

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA

DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



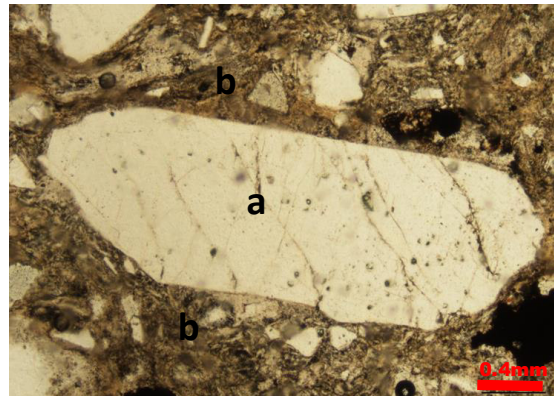
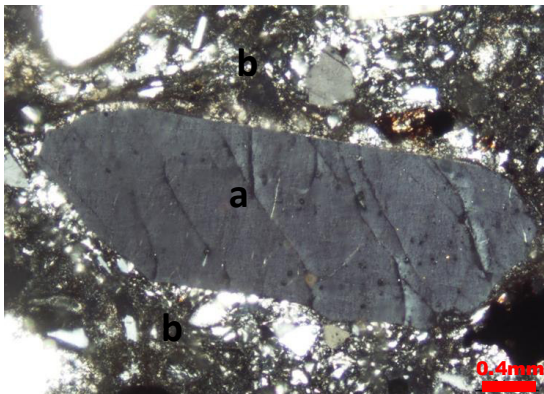
# MUESTRA	8	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA51-2019		390077	2341702	1846
SECCION:	SANTA CATARINA	UNIDAD:	IGNIMBRITA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura			
SA51-2019	Cuarzo	20	Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vitrificada	Traquítica
	Feldespato K	20										
	Micas	1										
	Plagioclasas	2										
	Piroxenos	-1										
	Opacos	-1										
Cristalinidad			X			X						
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones	Presencia de vidrio aplastado.											

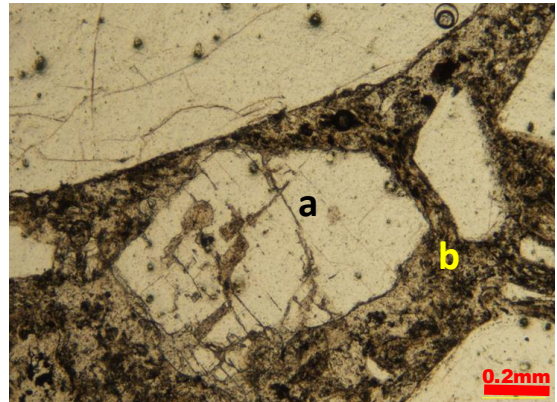
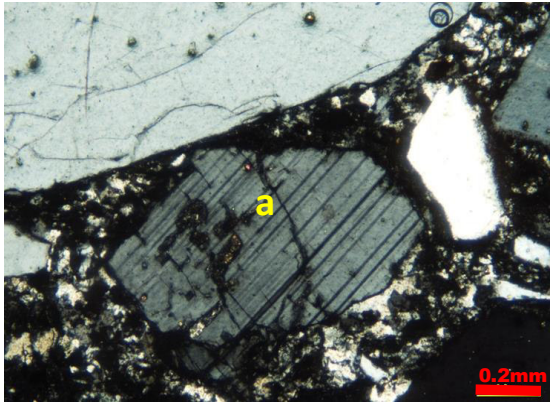
FOTOMICROGRAFIA; con objetivos 2x, 4x

CON NICOLES CRUZADOS

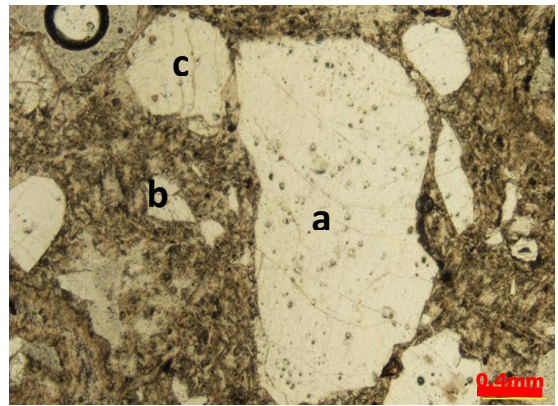
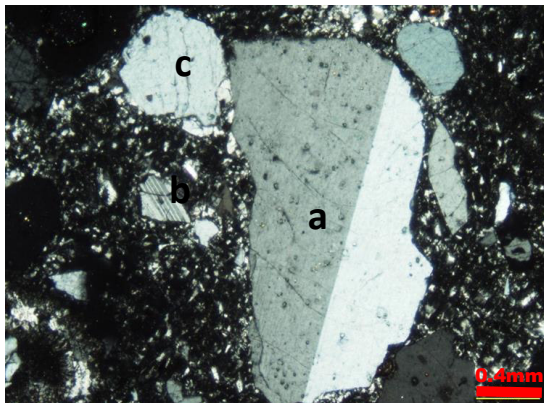
CON LUZ PARALELA



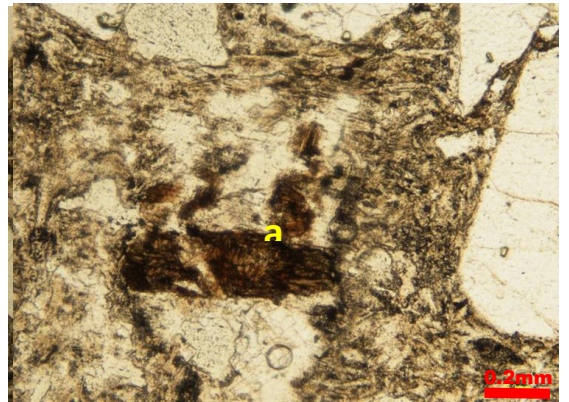
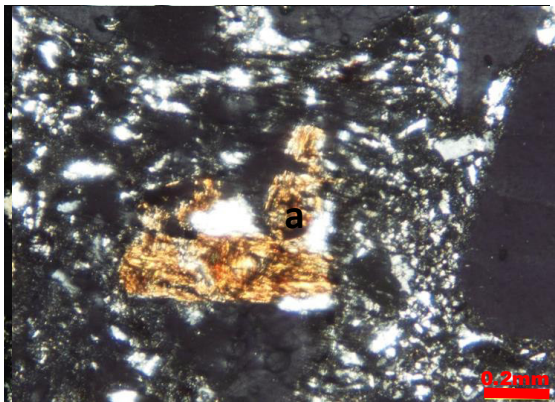
(a) Sanidino sin macla, sobre una (b) matriz vítrea con presencia de cuarzos y feldespatos.



(a) Oligoclasa con macla tipo polisintética e islas de micas, matriz con presencia de (b) clorita.



(a) Sanidino con macla tipo Carlsbad, (b) oligoclasa con macla tipo polisintética, (c) cuarzo, piroxeno en color naranja-rojizo, minerales opacos, presencia de clorita en la matriz.



(a) Biotita en color café-naranja, sobre matriz vítrea con presencia de clorita.

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



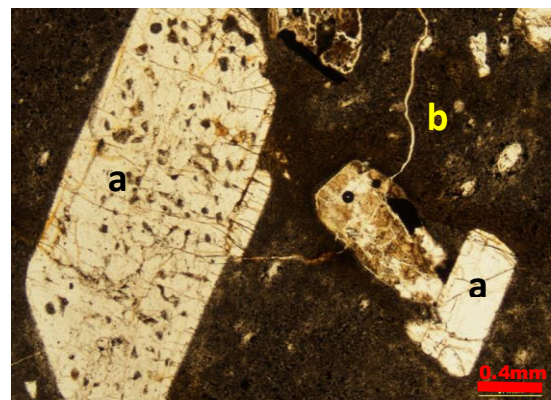
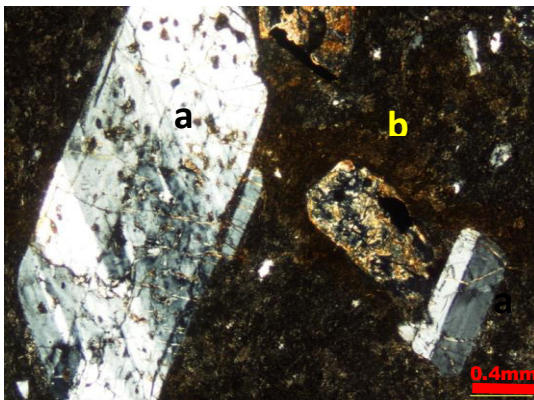
# MUESTRA:	9	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA53-2019		389468	2341132	1697
SECCION:	SANTA CATARINA	UNIDAD:	DIQUE		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño		Textura				
SA53-2019	Feldespato K	15	Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vítrofica	Traquítica
	Plagioclasas	10										
	Piroxenos	2										
	Glomero cristales	1										
	Opacos	-1										
Cristalinidad			X			X		X				
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones	Glomero cristales de feldespatos potasicos y micas.											

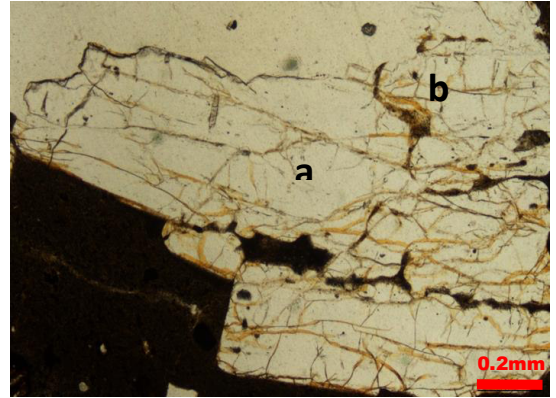
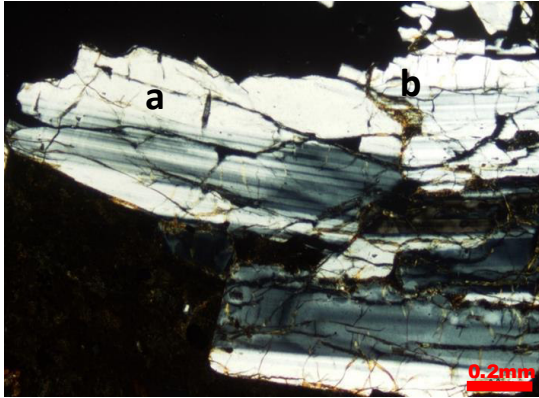
FOTOMICROGRAFIA; con objetivos 2x, 4x

CON NICOLES CRUZADOS

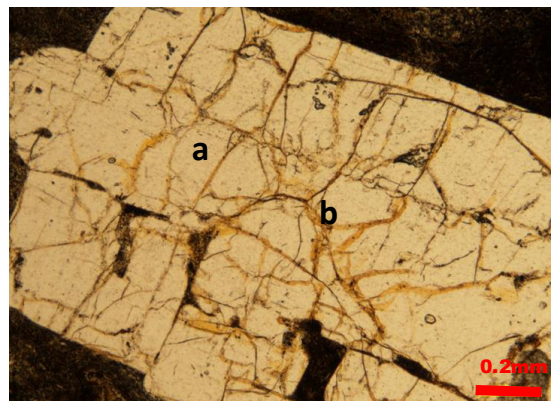
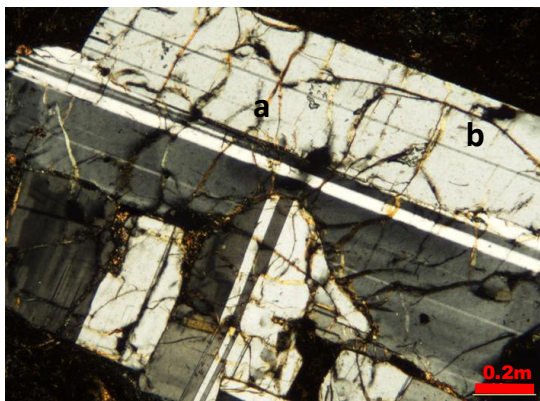
CON LUZ PARALELA



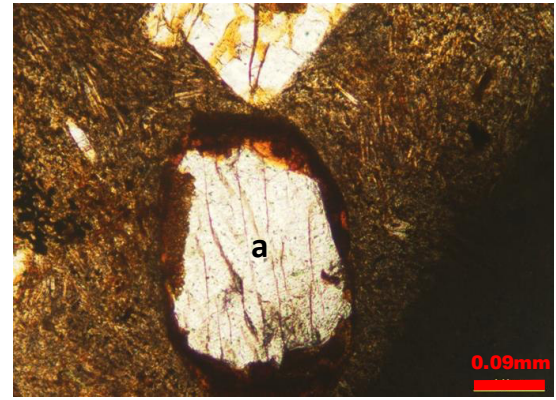
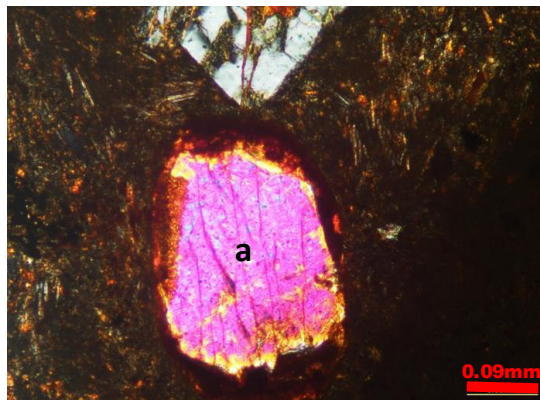
(a) Plagioclasa con abundantes inclusiones de vidrio en color café, con macla tipo polisintética y ligero zonamiento sobre una (b) matriz vítrea.



(a) Plagioclasa con maclas tipo polisintética y zoneada y presencia de alteración por (b) clorita.



(a) Feldespato potásico con macla tipo polisintética con (b) canales de alteración presencia de clorita.



(a) Clinopiroxeno como es la augita con extinción oblicua (45°).

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



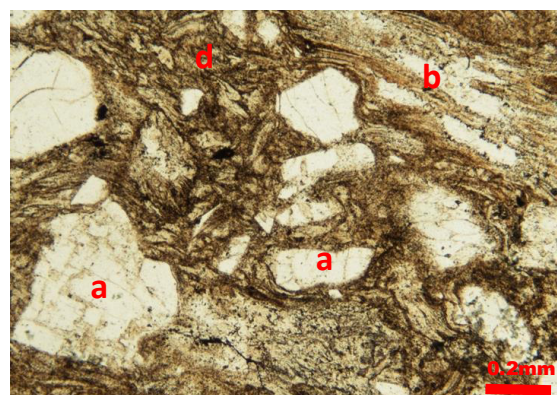
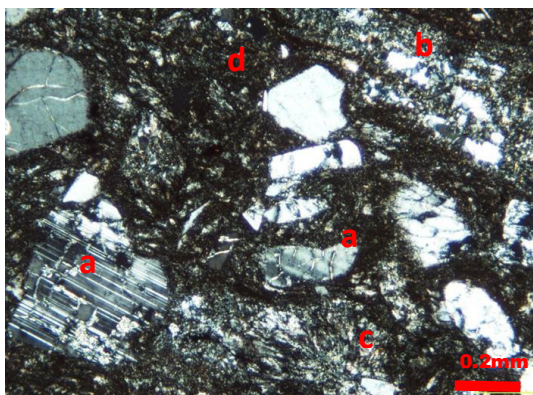
# MUESTRA	10	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA66-1		370601	2202859	1805
SECCION:	EL SALTO	UNIDAD:	IGNIMBRITA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura			
SA66-1	Pómez	10	Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vítrofica	Traquitica
	Plagioclasas	1										
	Feldspatos K	15										
	Opacos	2										
Cristalinidad			X			X		X				
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones	Oligoclasa con bordes reabsorbidos.											

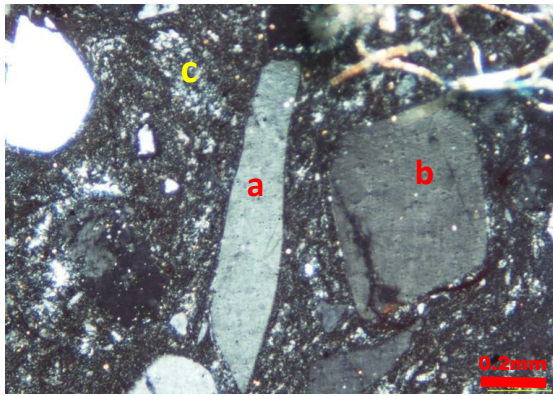
FOTOMICROGRAFIA; con objetivos 2x, 4x

CON NICOLES CRUZADOS

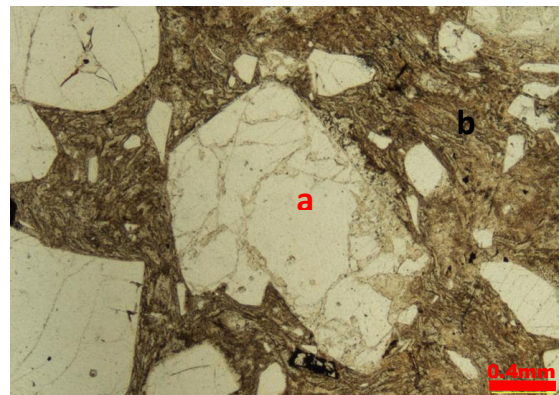
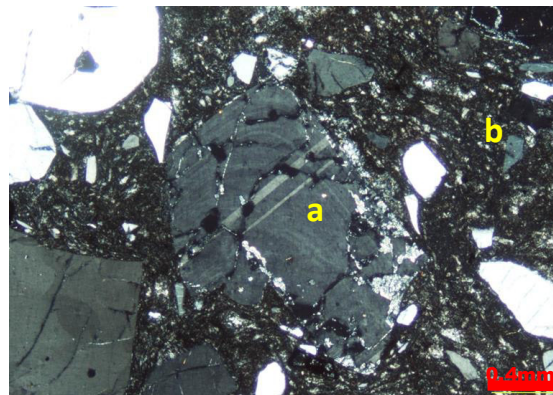
CON LUZ PARALELA



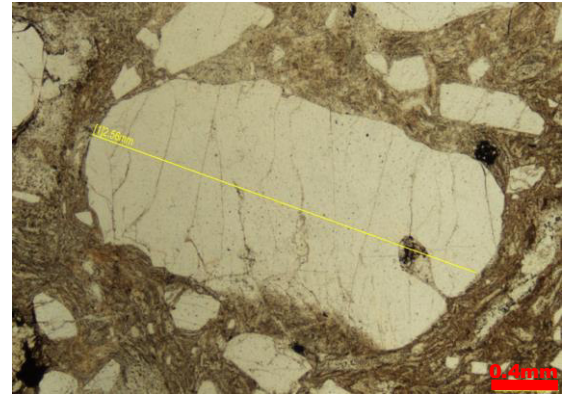
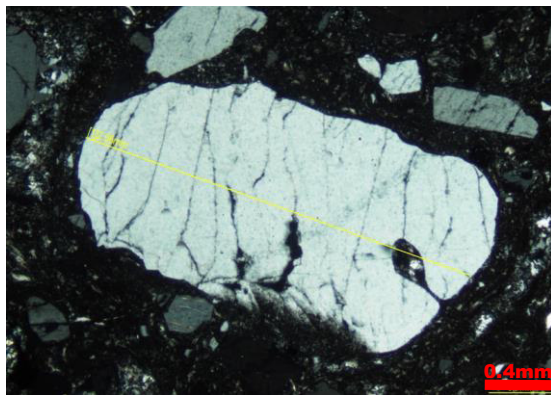
(a) Plagioclasa con macla tipo polisintética con bordes corroídos, (b) presencia de pómez con reemplazamiento de cuarzo, (c) esferulitas sobre una (d) matriz vítrea.



(a)Feldespato potásico, (b)cuarzo y presencia de (c) pómez aplastado sobre una matriz vítrea.



(a)Plagioclasa zoneada, alrededor cristales de cuarzo, sobre una (b) matriz vítrea con presencia de vidrio aplastado.



Cristal más grande encontrado, Feldespato potásico de 2.56mm de largo.

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



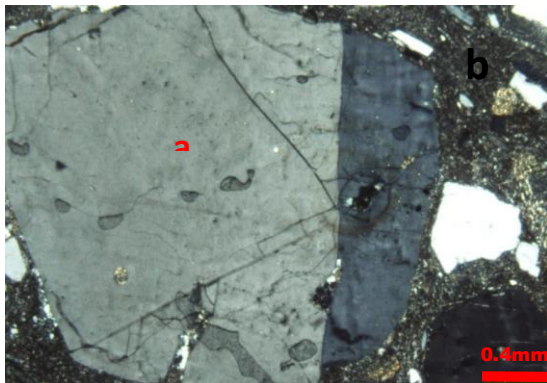
# MUESTRA	11	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA66-2		370601	2202859	1805
SECCION:	EL SALTO	UNIDAD:	IGNIMBRITA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño		Textura				
SA66-2	Pómez	3	Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vítrofa	Traquítica
	Plagioclasas	7										
	Feldespatos K	10										
	Cuarzo	5										
	Piroxenos	3										
	Opacos	-1										
Cristalinidad			X			X		X				
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones	Cuarzo reemplazando pómez.											

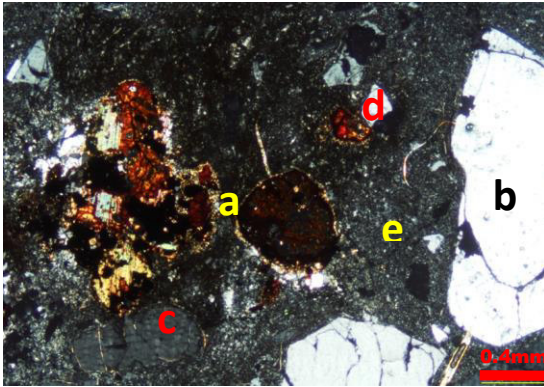
FOTOMICROGRAFÍA; con objetivos 2x

CON NICOLES CRUZADOS

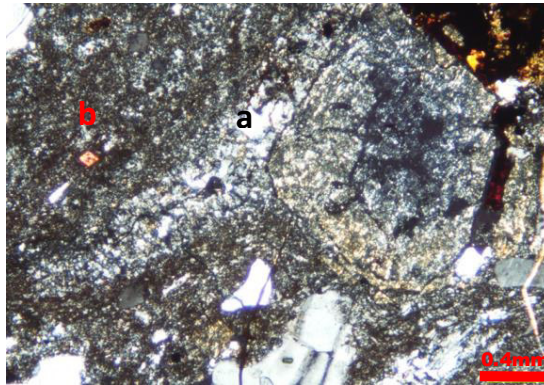
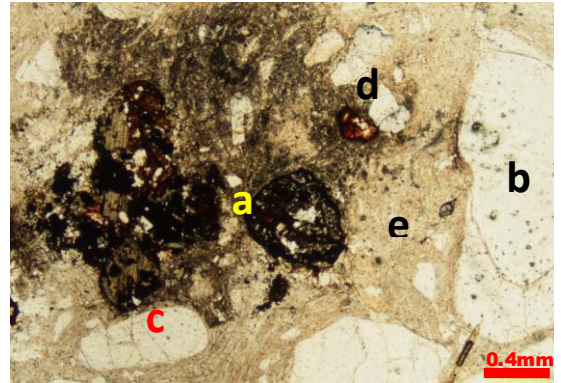
CON LUZ PARALELA



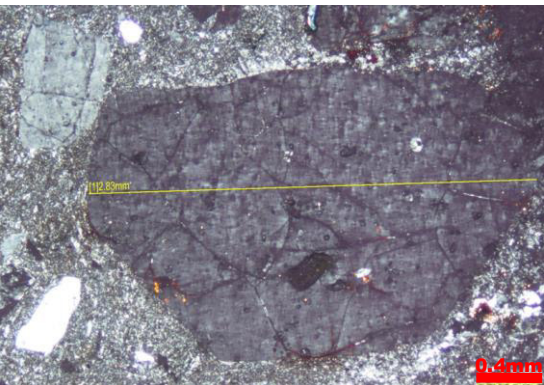
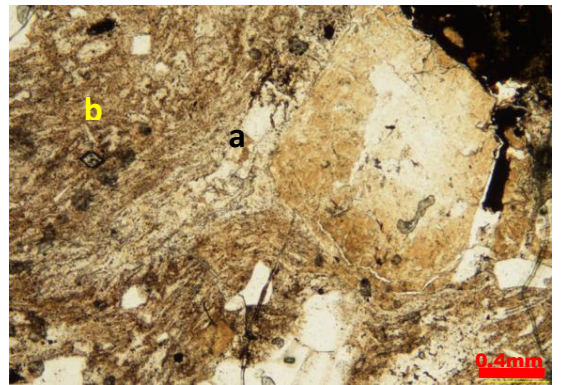
(a) Feldespato potásico con macla tipo Carlsbad en una (b) matriz vítrea.



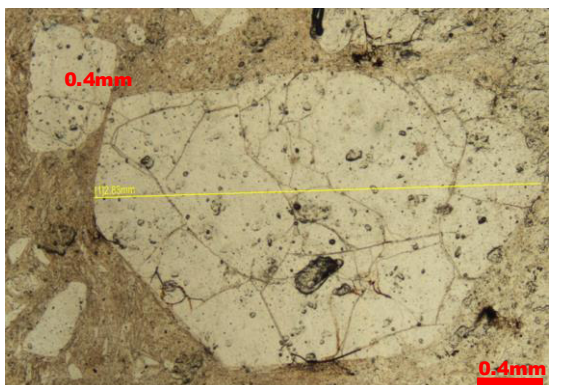
(a) Biotita, (b) cuarzo, (c) feldespato potásico, (d) piroxeno en color rojizo en una (e) matriz vítrea.



(a) Pómez con reemplazamiento de cuarzo y feldespatos, (b) augita en color rosa, en una matriz vítrea.



Cristal mas grande encontrado en esta lamina delgada con un largo de 2.83mm



UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



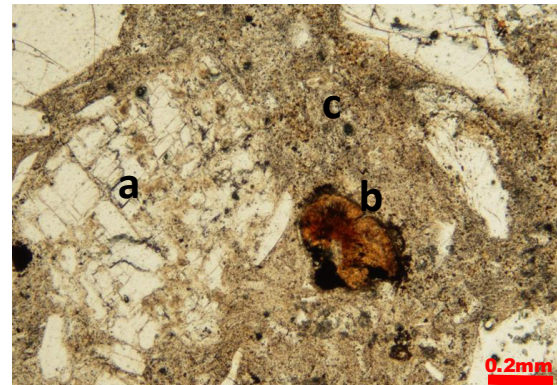
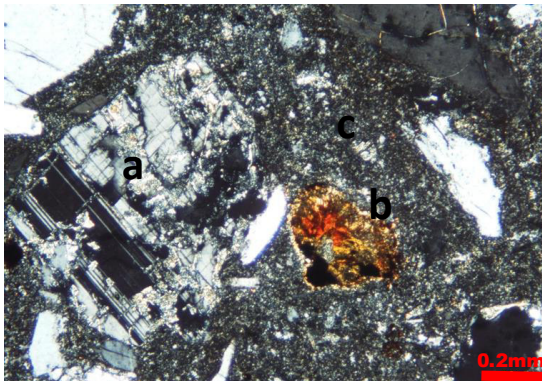
# MUESTRA	12	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA66-3		370601	2330369	1842
SECCION:	EL SALTO	UNIDAD:	IGNIMBRITA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño		Textura				
SA66-3	Plagioclasas	3	Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vitrificada	Traquítica
	Feldespatos K	10										
	Cuarzo	7										
	Piroxenos	5										
	Micas	3										
	Opacos	1										
	Cristalinidad											
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones	Clorita en islas de mineralización y presencia de vidrio aplastado.											

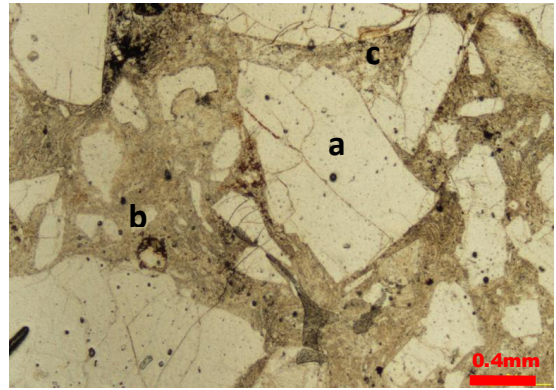
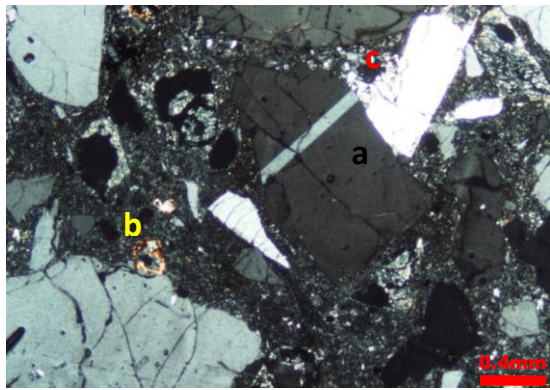
FOTOMICROGRAFIA; con objetivos 2x, 4x

CON NICOLES CRUZADOS

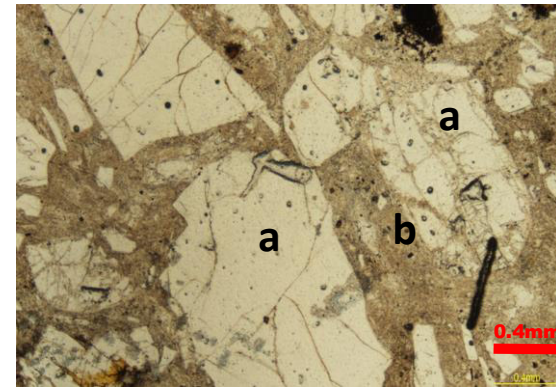
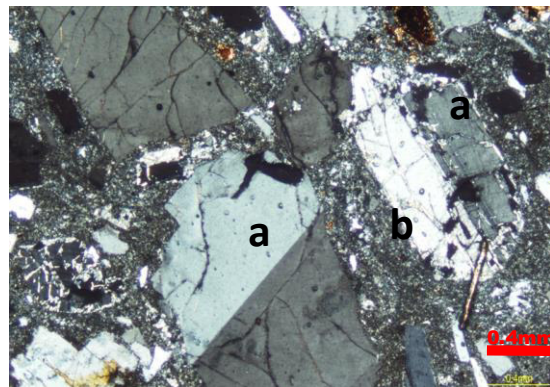
CON LUZ PARALELA



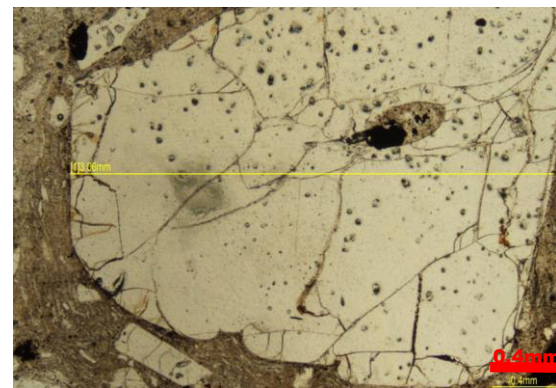
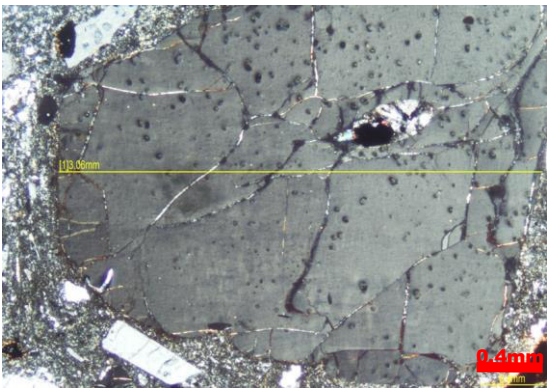
(a) Oligoclasa con maclas tipo polisintética, (b) piroxeno alterado, sobre una (c) matriz vítrea.



(a) Sanidino con macla tipo lamelar, (b) biotita, (c) vidrio reemplazado por cuarzo.



(a) Sanidino con macla tipo Carlsbad, con presencia de (b) cuarzo reemplazando al vidrio.



Cristal mas grande encontrado que es un cuarzo con un largo de aproximadamente 3.06mm.

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



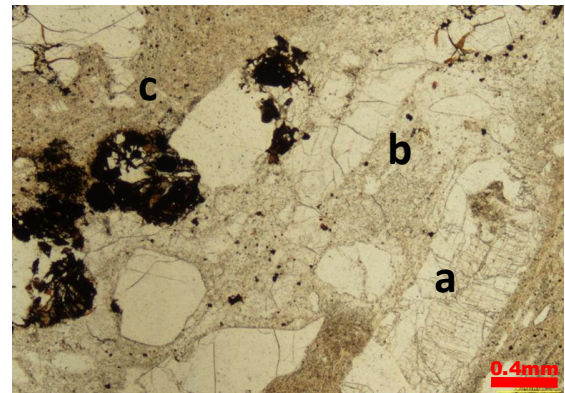
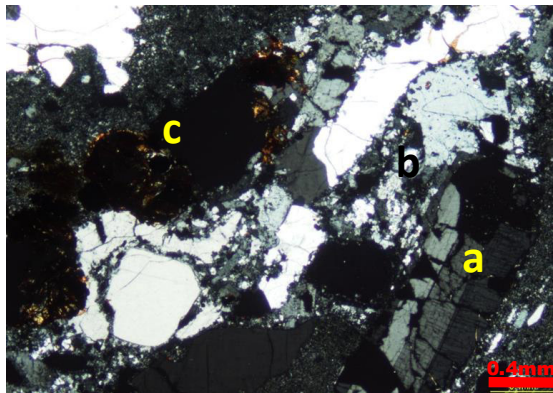
# MUESTRA	13	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA66-6		370601	2330547	2032
SECCION:	EL SALTO	UNIDAD:	IGNIMBRITA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura			
SA66-6	Plagioclasas	5	Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vitrificada	Traquítica
	Feldespatos K	7										
	Cuarzo	10										
	Piroxenos	3										
	Opacos	1										
Cristalinidad				X		X			X			
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina		X										
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea		X										
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones												

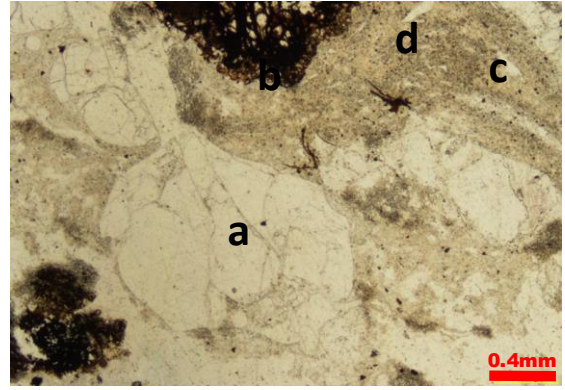
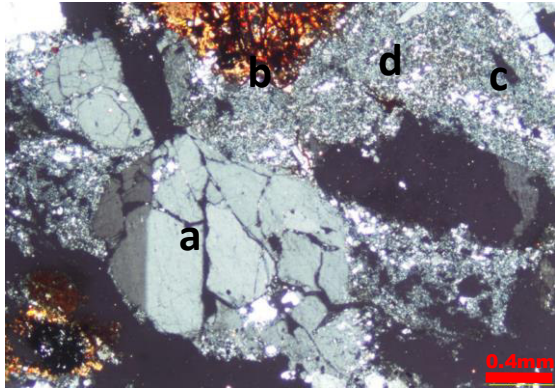
FOTOMICROGRAFÍA; con objetivos 2x

CON NICOLES CRUZADOS

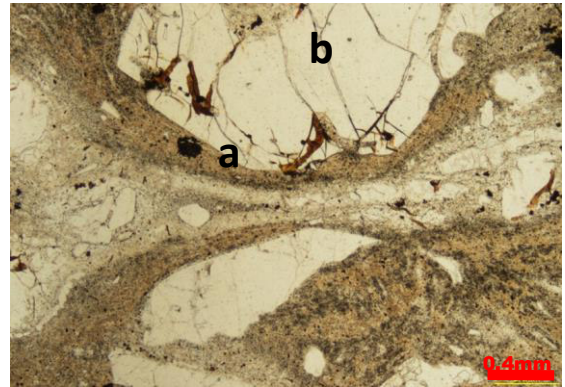
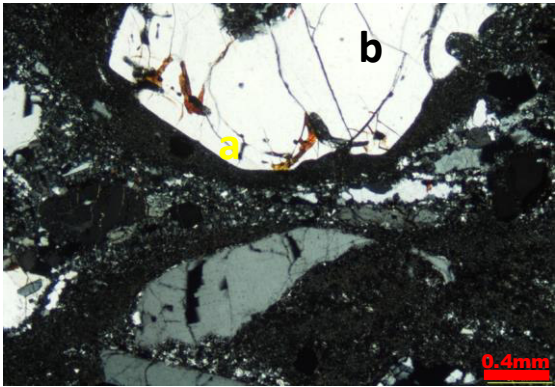
CON LUZ PARALELA



(a) Oligoclasa con macla tipo polisintética, (b)reemplazamiento de cuarzo y feldespatos, presencia de (c)micas oxidadas.



(a) Plagioclasa con macla tipo Carlsbad, (b) piroxeno en color rojo-naranja, presencia de (c) pómez, sobre (d) matriz vítrea.



(a) Pómez siendo reemplazado por cristales de cuarzo y feldspatos, (b) cuarzo, sobre una matriz vítrea.

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



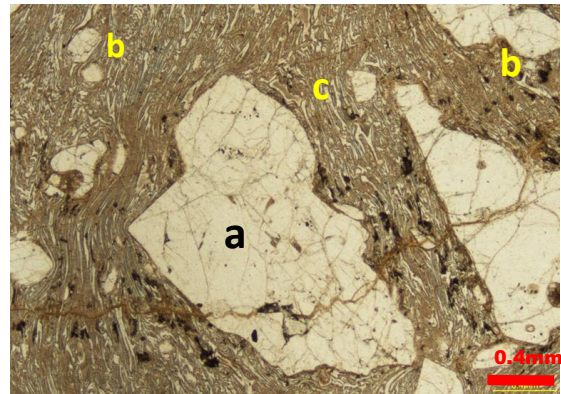
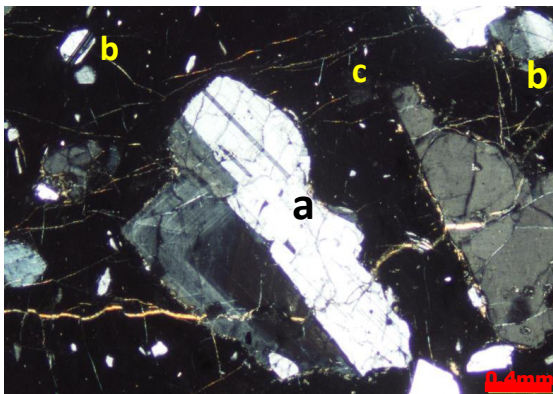
# MUESTRA	14	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA66-7		370601	2330564	1924
SECCION:	EL SALTO	UNIDAD:	VITROFIDO		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura			
SA66-7	Plagioclasas	3	Eu hedral	Sub hedral	An hedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Por fídica	Micro porfídica	Vitr ofida	Tra quitica
	Feldspatos K	10										
	Cuarzo	5										
	Vidrio	2										
	Opacos	1										
Cristalinidad			X			X		X				
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones	Vidrio aplastado.											

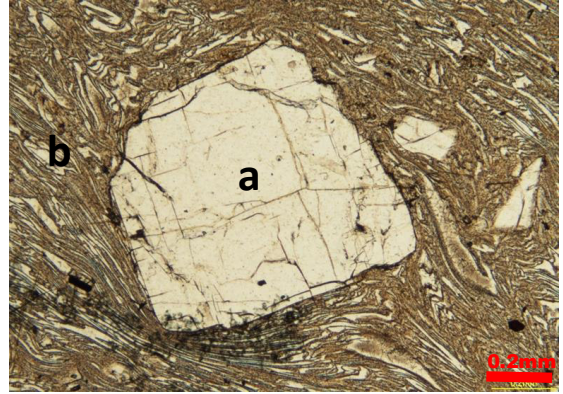
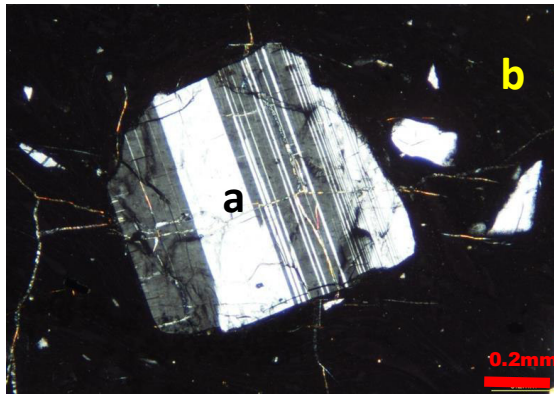
FOTOMICROGRAFIA; con objetivos 2x, 4x

CON NICOLES CRUZADOS

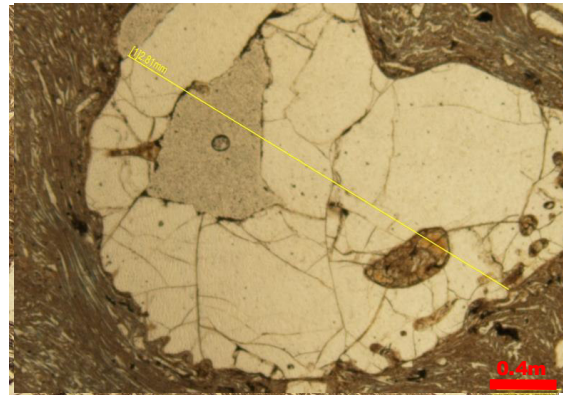
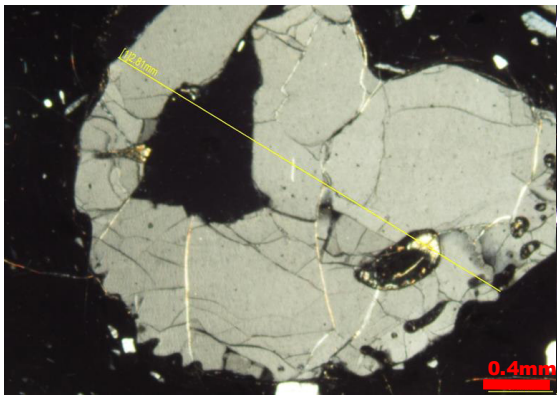
CON LUZ PARALELA



(a) Feldespato potásico con macla tipo polisintética-carlsbad, lamelar. (b) Oligoclasa con macla tipo polisintética, (c) vidrio aplastado con textura fluidal.



(a) Oligoclase con macla tipo polisintética, sobre (b) matriz vítrea con textura fluidal.



Cristal mas grande encontrado en esta lamina delgada, cuarzo con bordes corroídos y alteración de clorita con un largo de 2.81mm.

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCION PETROGRAFICA



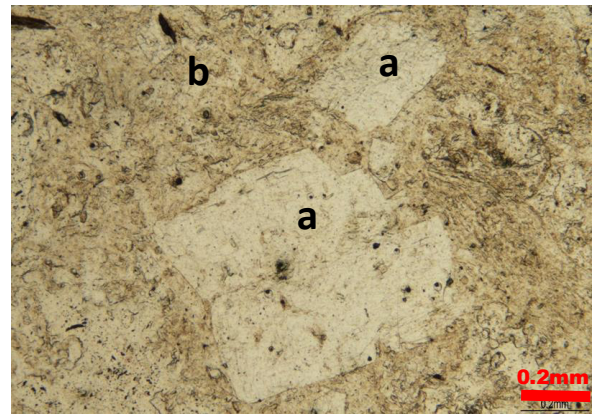
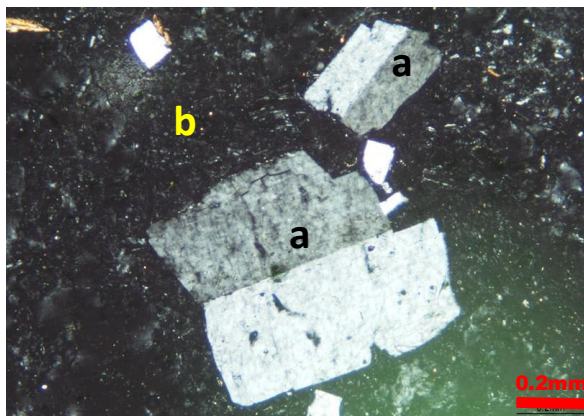
# MUESTRA	15	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA67-1		370601	2328714	1952
SECCION:	EL SALTO	UNIDAD:	OLEADA PIROCLASTICA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura			
SA67-1	Feldespatos K	10	Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vítrofica	Traquítica
	Cuarzo	5										
	Micas	3										
	Opacos	-1										
Cristalinidad			X			X		X				
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones												

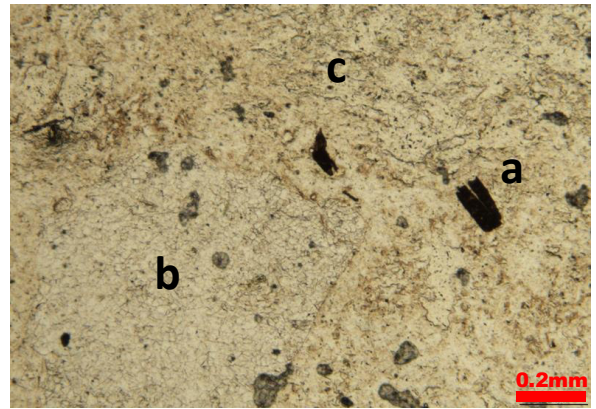
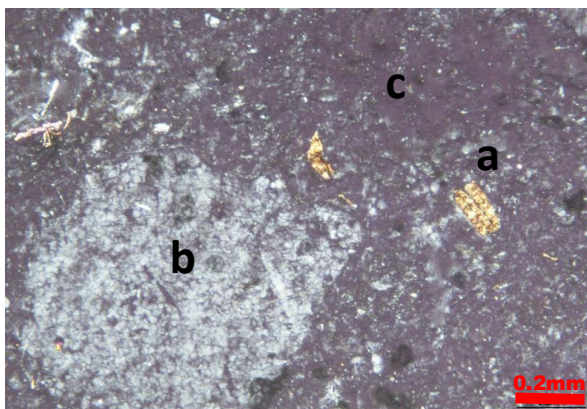
FOTOMICROGRAFIA; con objetivos 4x

CON NICOLES CRUZADOS

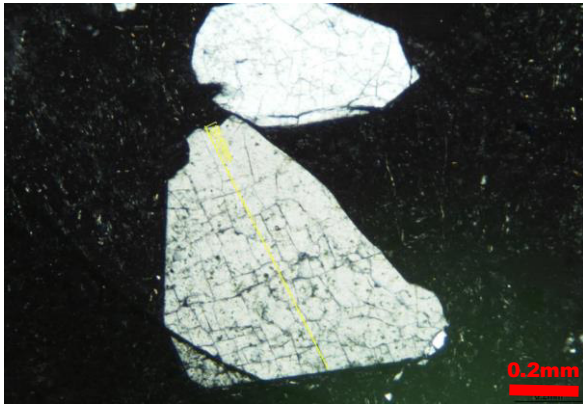
CON LUZ PARALELA



(a) Feldespato potásico (sanidino) con macla tipo carlsbad, en una (b) matriz vítrea.



(a)Micas (biotitas) en color marrón-amarillo, (b)cuarzo, en una (c)matriz vítrea.



Cristal mas grande encontrado en esta lamina delgada con un largo de 0.83mm

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



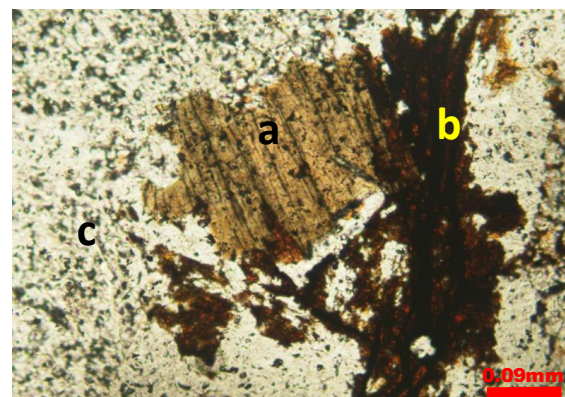
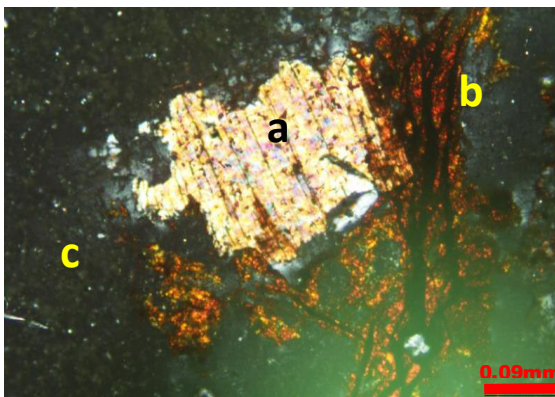
# MUESTRA	16	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA67-2		370601	2328521	1958
SECCION:	EL SALTO	UNIDAD:	IGNIMBRITA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura			
SA67-2	Feldespatos K	7	Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vitrificada	Traquítica
	Micas	3										
	Cuarzo	15										
	Piroxenos	1										
	Pómez reecristalizada	1										
	Opacos	-1										
Cristalinidad			X			X			X			
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones	Pómez reecristalizada con textura fluidal											

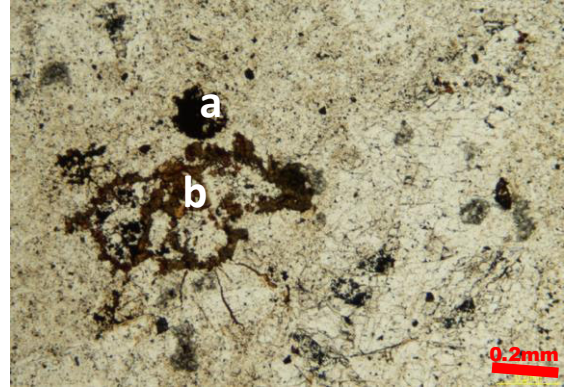
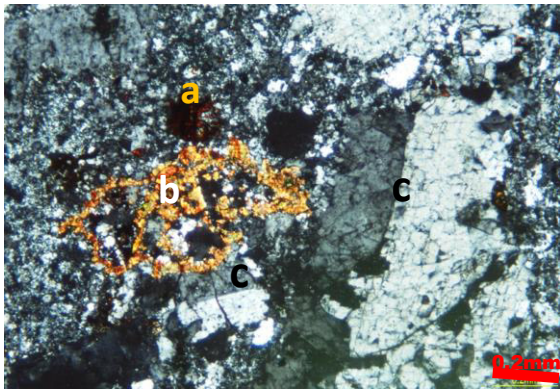
FOTOMICROGRAFÍA; con objetivos 2x, 4x, 10x

CON NICOLES CRUZADOS

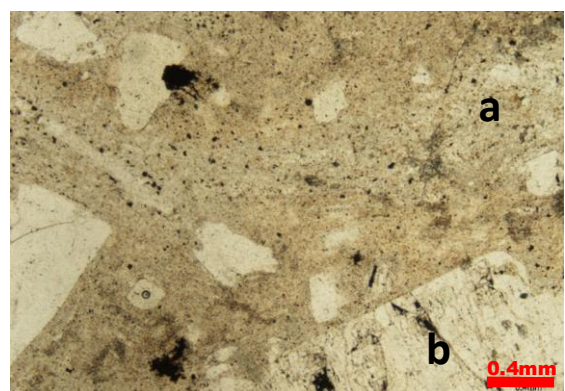
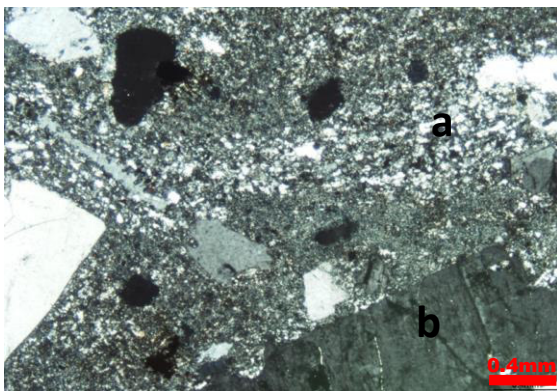
CON LUZ PARALELA



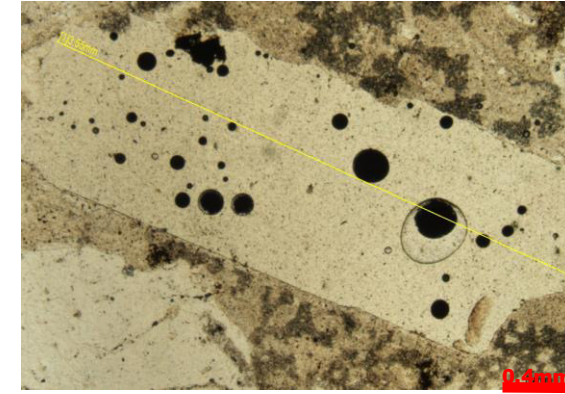
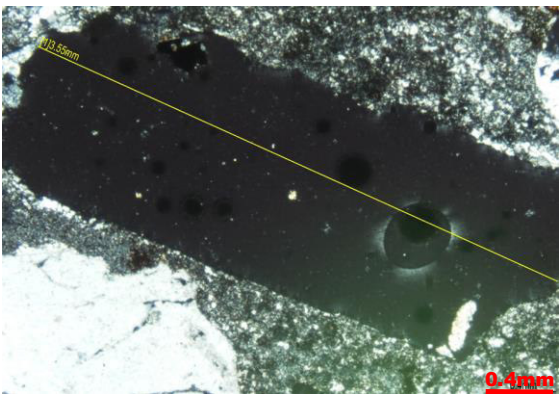
(a) Biotita en color naranja-rosa aun costado se muestran las (b) micas alteradas por eso el tono rojizo, sobre una (c) matriz vítrea con presencia de clorita.



(a)Piroxeno en color rojo, (b) biotita en color naranja, (c)feldespatos potásicos con macla tipo Carlsbad en una matriz vítrea.



(a)Pómez reemplazada de cuarzo y feldespatos potásicos, (b)feldespatos potásicos sin macla con extinción oblicua.



Cristal mas grande encontrado en esta lamina delgada con un largo de 3.55mm

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCION PETROGRAFICA



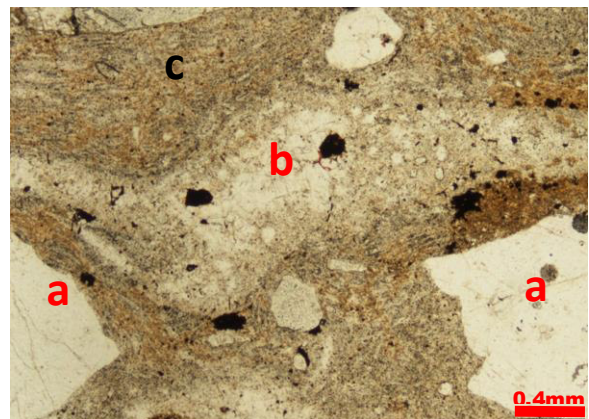
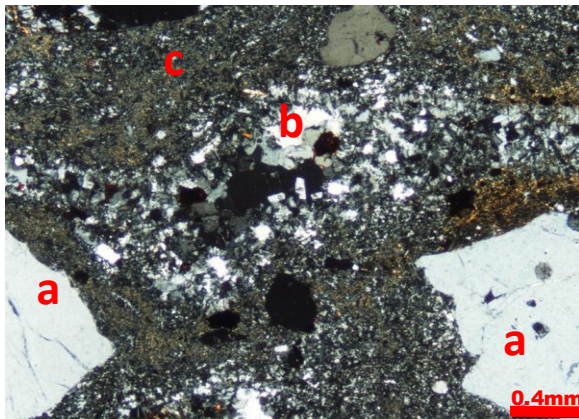
# MUESTRA	17	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA67-3		370601	2328632	1975
SECCION:	EL SALTO		UNIDAD:	IGNIMBRITA	

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura		
			Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vitrofida
SA67-3	Feldespatos K	5									
	Cuarzo	10									
	Micas	1									
	Piroxenos	1									
	Plagioclasa	3									
	Opacos	-1									
Cristalinidad				X		X			X		
Holocristalina											
Holohialina											
Hipocristalina	X										
Perlítica											
Esferulítica											
Matriz											
Vítrea	X										
Cristalina- vítrea											
Cristalina											
Observaciones	Cuarzos y felespatos reemplazando pómez.										

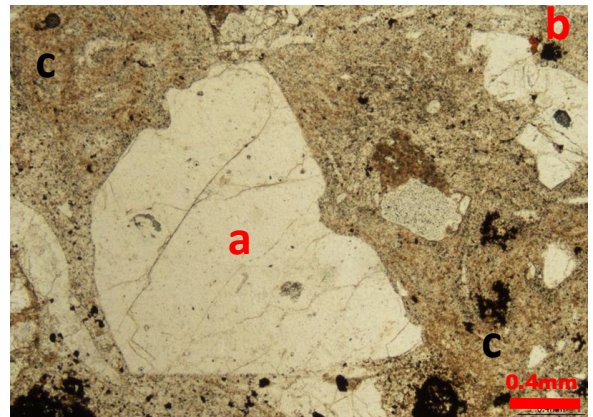
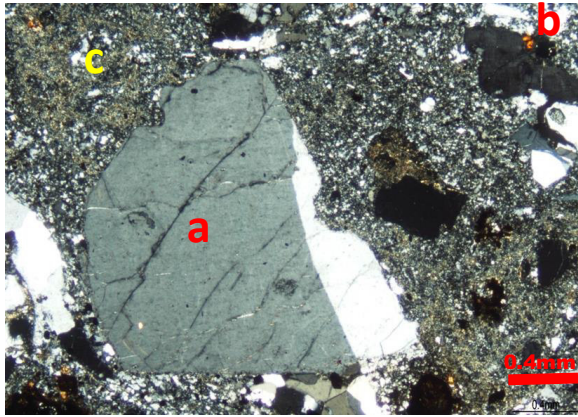
FOTOMICROGRAFÍA; con objetivos 2x

CON NICOLES CRUZADOS

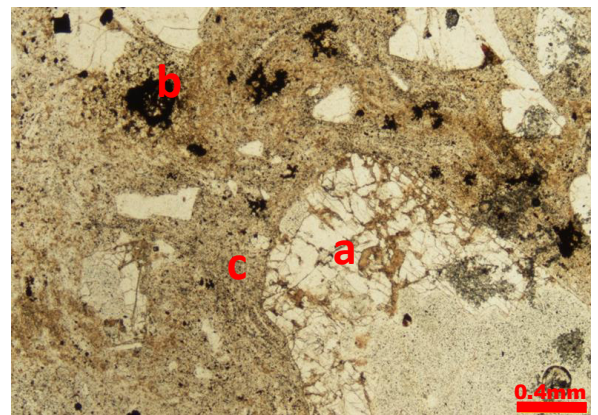
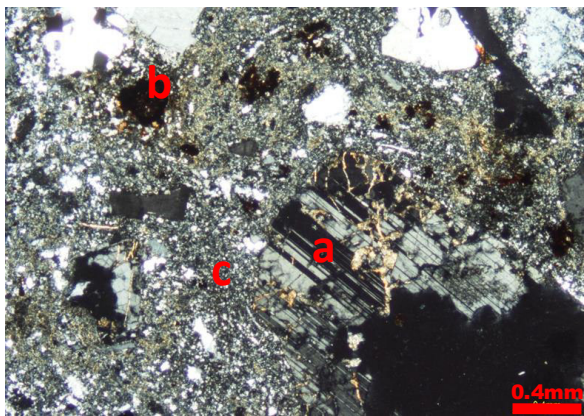
CON LUZ PARALELA



(a)Cuarzo, (b) pómez con reemplazamiento de cuarzo y feldespatos, sobre una (c) matriz vítrea con textura tipo fluidal.



(a) Sanidino con macla tipo Carlsbad, (b) piroxeno en color naranja, sobre una (c) matriz vítrea con presencia de clorita.



(a) Plagioclase como la oligoclase con macla tipo polisintética con canales de micas, (b) piroxenos oxidados en (c) matriz vítrea con presencia de clorita.

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



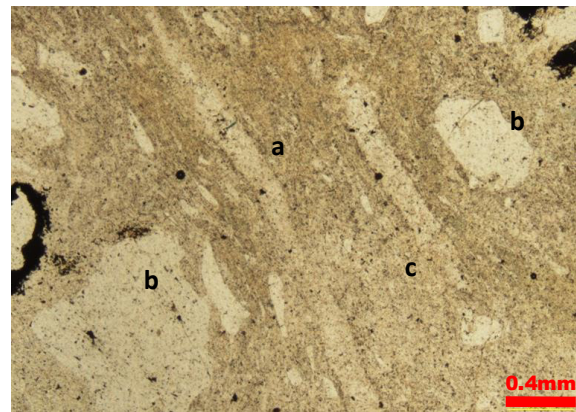
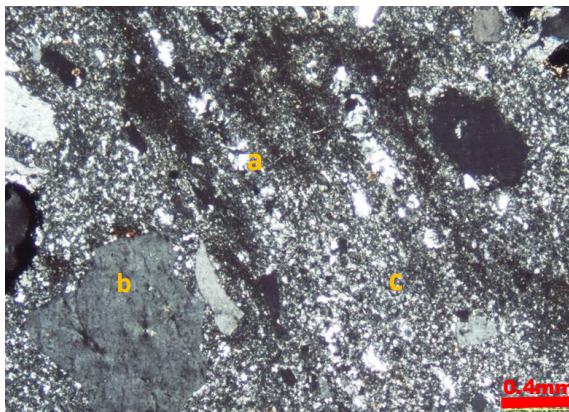
# MUESTRA	18	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA67-4		370601	2328708	1994
SECCION:	EL SALTO	UNIDAD:	IGNIMBRITA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño		Textura				
SA67-4	Feldspatos K	5	Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vítrofa	Traquítica
	Cuarzo	7										
	Micas	1										
	Piroxenos	1										
	Pómez	2										
	Opacos	-1										
Cristalinidad			X			X		X				
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones	Pómez siendo reemplazada por cuarzo y feldspatos potásicos.											

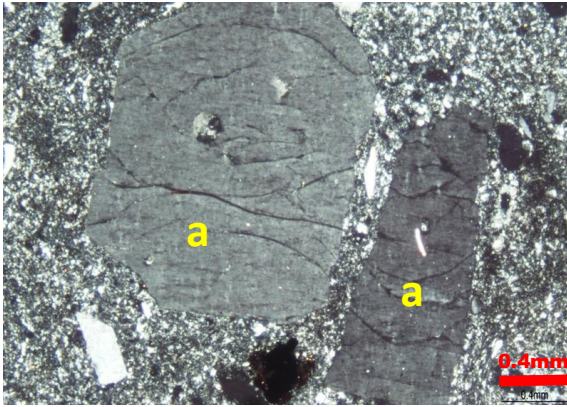
FOTOMICROGRAFÍA; con objetivos 2x

CON NICOLES CRUZADOS

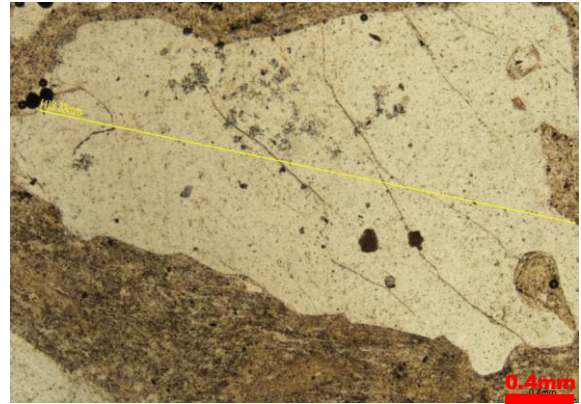
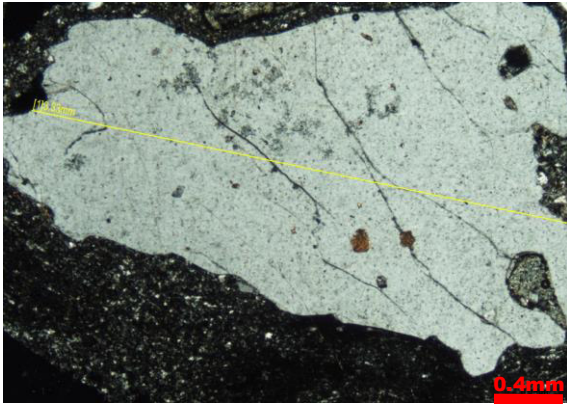
CON LUZ PARALELA



(a)Pómez, (b)cuarzo, (c)reemplazamiento de cuarzo y feldspatos potásicos, sobre una matriz vítrea.



(a) Feldspatos potásicos (sanidino) sin macla y con extinción oblicua. en una matriz vítrea.



Cristal mas grande encontrado en esta lamina delgada con un largo de 3.33mm

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



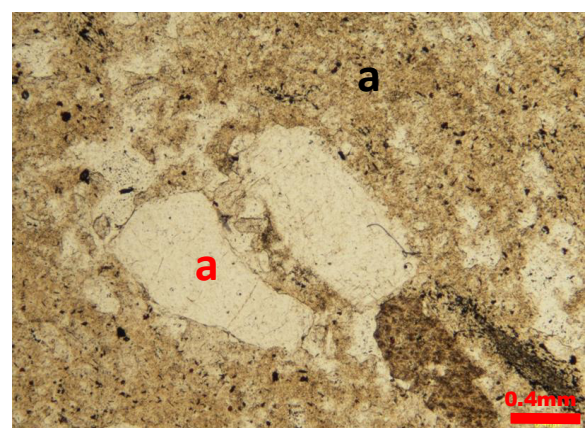
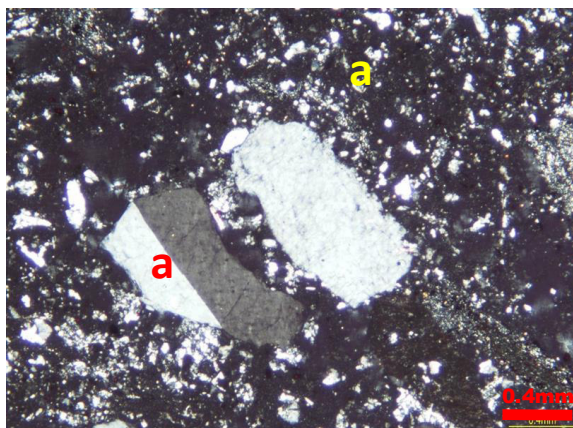
# MUESTRA	19	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA-67-5		370601	2328708	1994
SECCION:	EL SALTO	UNIDAD:	OLEADA PIROCLASTICA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura			
SA67-5	Feldespatos K	1	Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vítrofica	Traquítica
	Cuarzo	2										
	Micas	1										
	Piroxenos	1										
	Opacos	-1										
Cristalinidad			X			X		X				
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones												

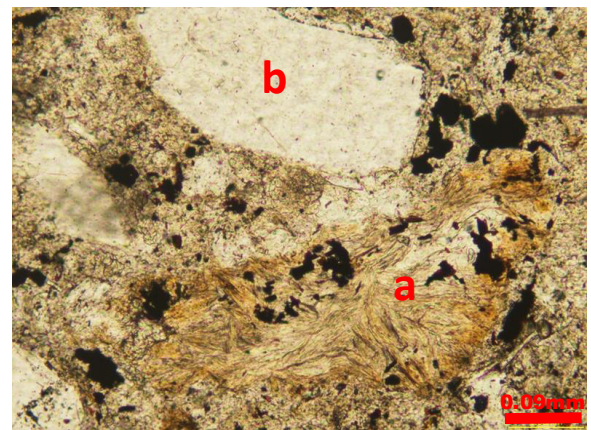
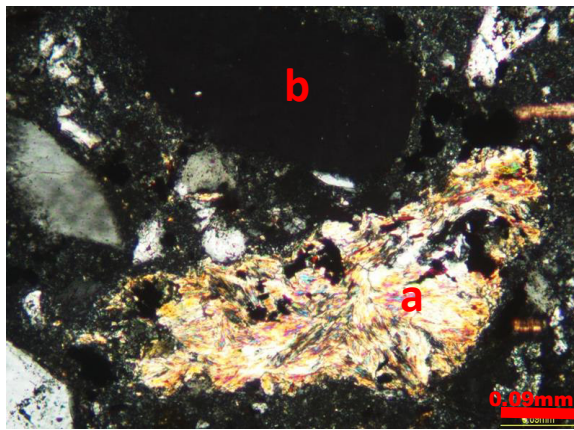
FOTOMICROGRAFIA; con objetivos 2x, 4x, 10x

CON NICOLES CRUZADOS

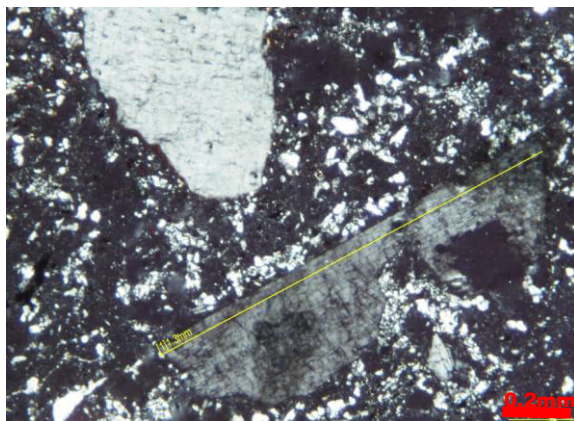
CON LUZ PARALELA



(a) Feldespatos potásicos (sanidino) con macla tipo Carlsbad, en una (b) matriz vítrea con textura porfídica.



(a)Biotita, (b)feldspato potásico, en una matriz vítrea con presencia de clorita.



Cristal mas grande encontrado en esta lamina delgada con un largo de 1.3mm

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA

DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



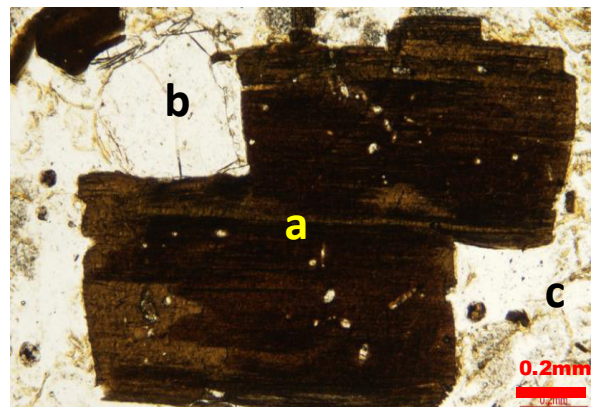
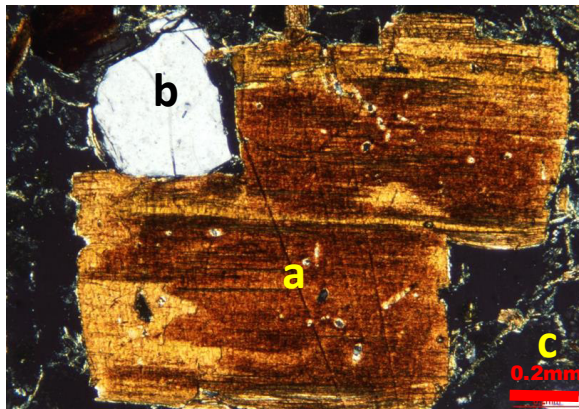
# MUESTRA	20	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA-67-6		370601	2328708	1994
SECCION:	EL SALTO	UNIDAD:	OLEADA PIROCLASTICA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura			
SA67-6	Feldspatos K	1	Euهدral	Subهدral	Anهدral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfidica	Microporfidica	Vítrofigida	Traquitica
	Cuarzo	4										
	Micas	-1										
	Clorita	2										
	Opacos	-1										
Cristalinidad			X			X		X				
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones												

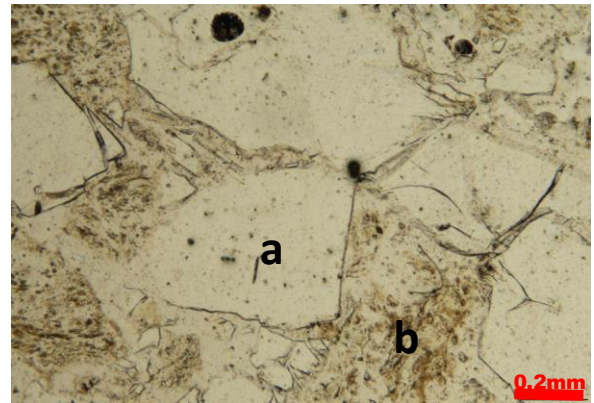
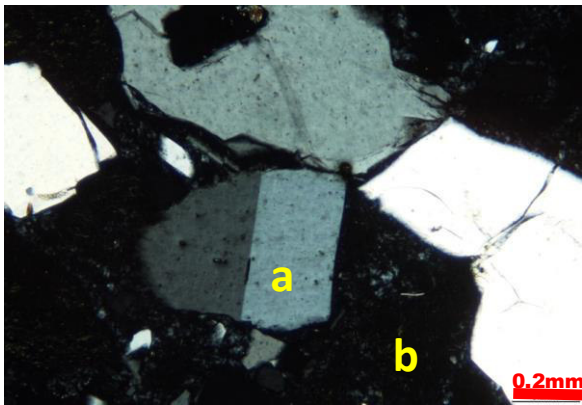
FOTOMICROGRAFÍA; con objetivos 4x

CON NICOLES CRUZADOS

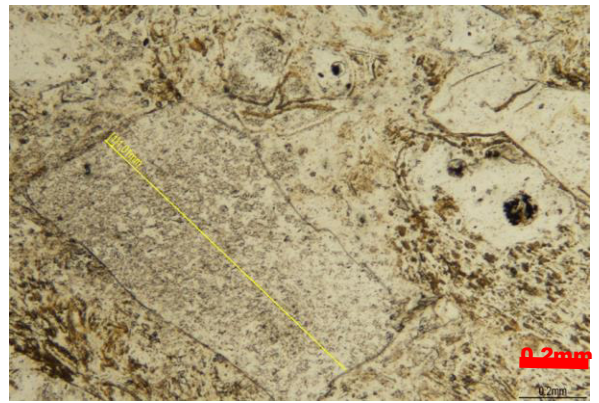
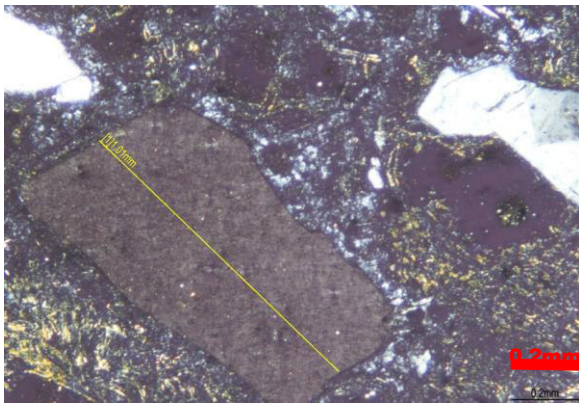
CON LUZ PARALELA



(a) Biotita en color marrón-anaranjado, (b) cuarzo, en una (c) matriz vítrea con presencia de clorita.



(a)Oligoclasa con macla tipo Carlsbad, (b)matriz vitrea con presencia de clorita en color verde-amarillento.



Cristal mas grande encontrado en esta lamina delgada con un largo de 1.01mm

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



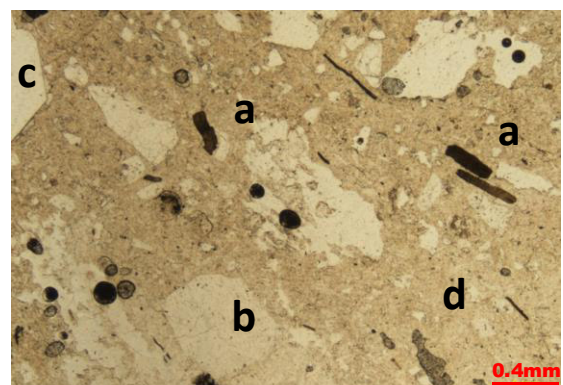
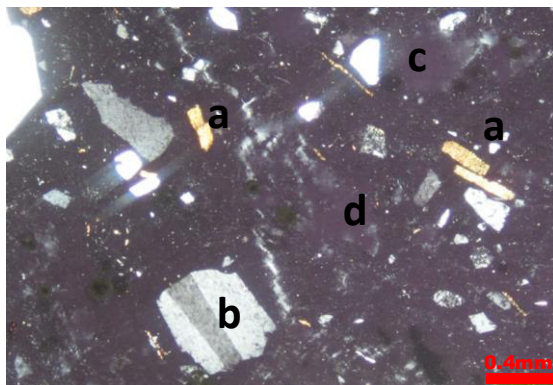
# MUESTRA	21	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA-67-7		370601	2328730	2001
SECCION:	EL SALTO	UNIDAD:	IGNIMBRITA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura			
SA67-7	Feldspatos K	5	Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vítrofica	Traquitica
	Cuarzo	7										
	Micas	5										
	Clorita	1										
	Opacos	-1										
Cristalinidad			X			X		X				
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones												

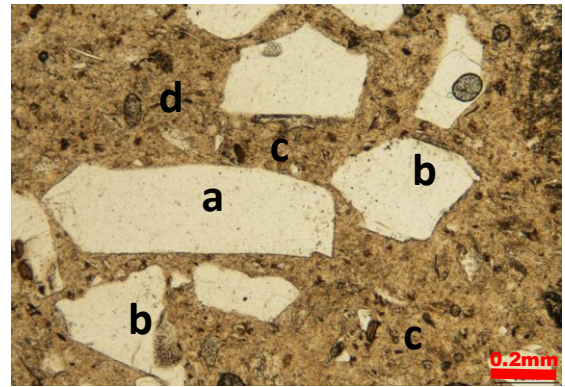
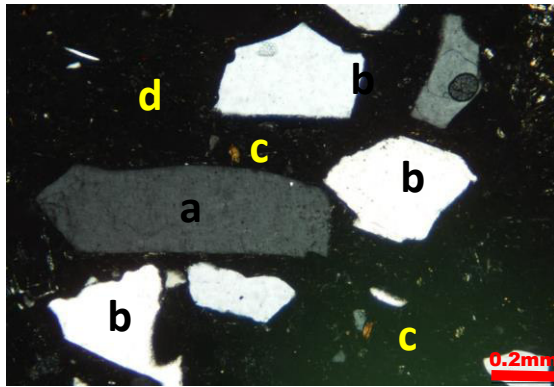
FOTOMICROGRAFÍA; con objetivos 2x, 4x

CON NICOLES CRUZADOS

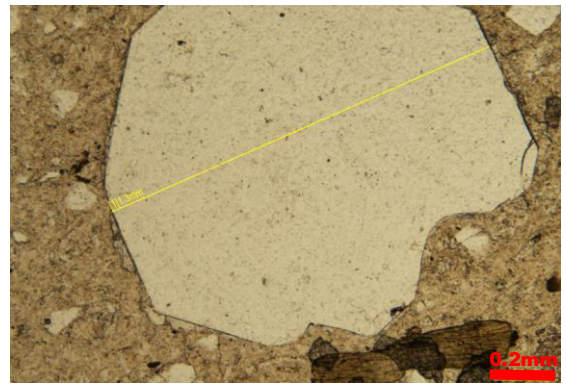
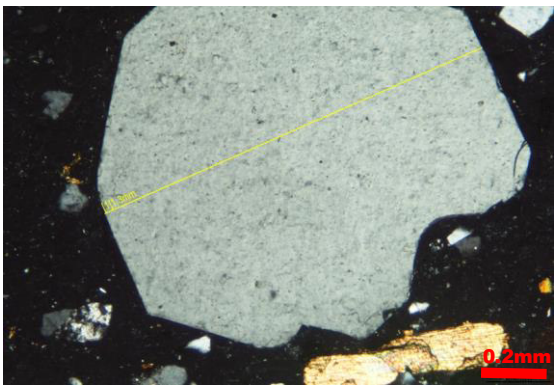
CON LUZ PARALELA



(a) Biotita en color marrón-anaranjado, (b) sanidino con macla tipo lamelar, (c) cuarzo en (d) matriz vítrea con textura porfídica.



(a) Feldespato potásico sin macla, (b) cuarzo con bordes corroídos, (c) biotita, en (d) matriz vítrea.



Cristal mas grande encontrado en esta lamina delgada, cuarzo con un largo de 1.3mm.

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



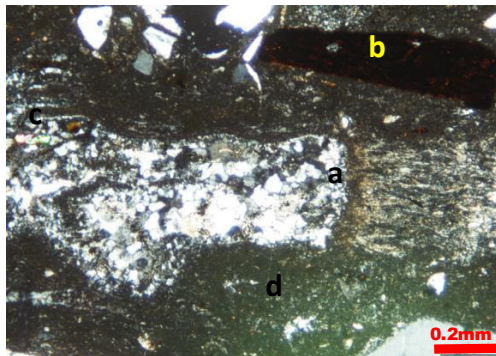
# MUESTRA	22	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA-67-8		370601	2328868	1999
SECCION:	EL SALTO	UNIDAD:	IGNIMBRITA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura			
SA67-8	Feldespatos K	7	Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vitrificada	Traquítica
	Cuarzo	5										
	Micas	5										
	Pómez	10										
	Plagioclasas	3										
	Opacos	1										
Cristalinidad			X			X		X				
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perfítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones	Presenta circones y anfíboles.											

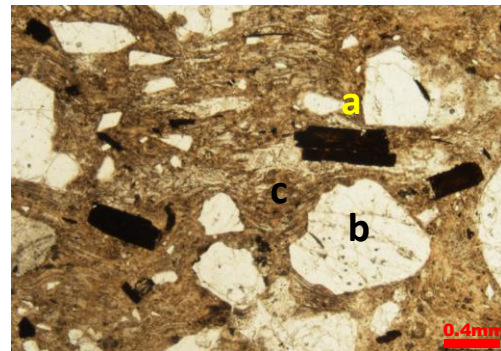
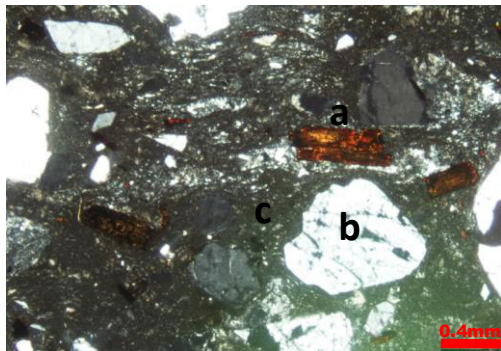
FOTOMICROGRAFIA; con objetivos 2x, 4x

CON NICOLES CRUZADOS

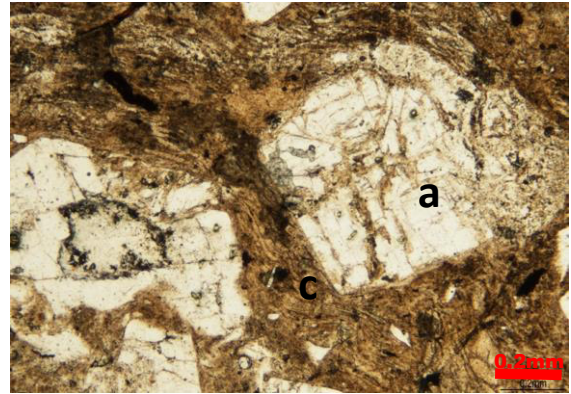
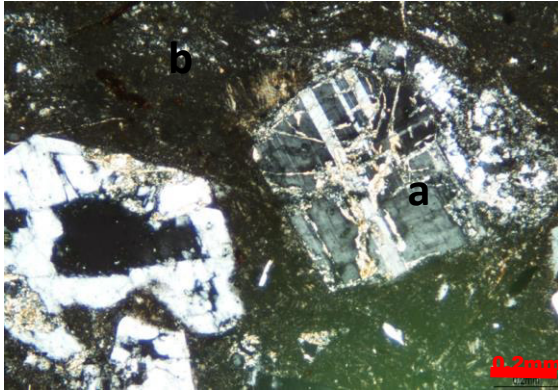
CON LUZ PARALELA



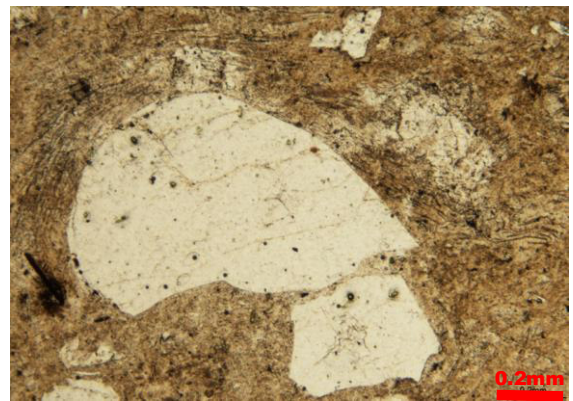
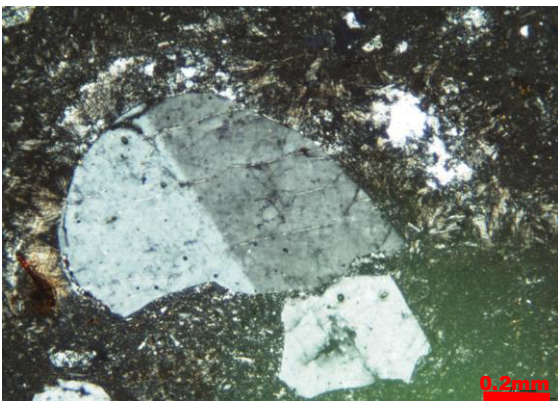
(a) Pómez siendo reemplazada por cuarzo, feldespatos potásicos. (b) Piroxeno muy alterado. (c)Circón, en un (d) matriz vítrea.



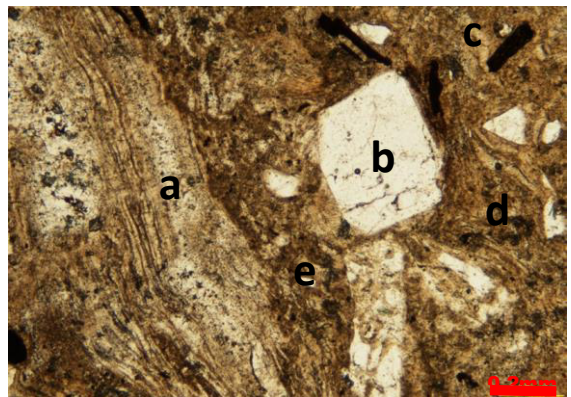
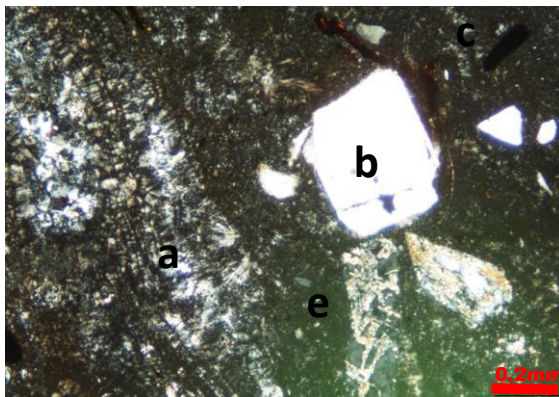
(a)Micas en color marrón-anaranjado, (b)cuarzo con lados corroídos, (c)matriz vítrea con textura fluidal y reemplazamiento por cuarzo.



(a) Oligoclase con macla tipo polisintética, (b)reemplazamiento de cuarzo, vidrio aplastado, minerales opacos, con (c)matriz vítrea con textura tipo fluidal.



Feldespato potásico (sanidino) con macla tipo Carlsbad, vidrio aplastado, reemplazamiento de cuarzo, en matriz vítrea con una textura tipo fluidal.



(a)Pómez siendo reemplazada por cuarzo y feldspatos, (b)cuarzo, (c)micas en color rojo-anaranjado, (d)vidrio aplastado, en una (e)matriz vítrea.

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



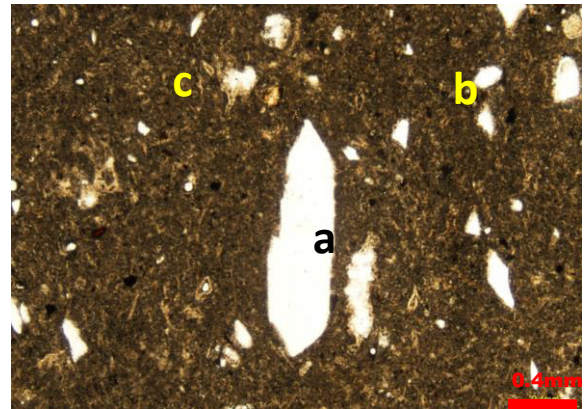
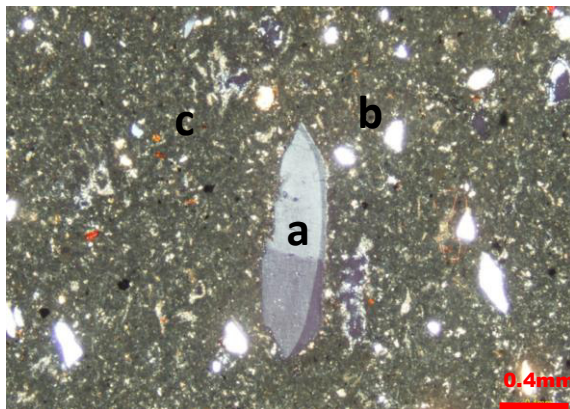
# MUESTRA	23	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA-67-9		370601	2329111	2020
SECCION:	EL SALTO	UNIDAD:	IGNIMBRITA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura			
SA67-9	Feldespatos K	2	Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vitrificada	Traquítica
	Piroxenos	-1										
	Micas	1										
	Opacos	1										
Cristalinidad			X			X		X				
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones												

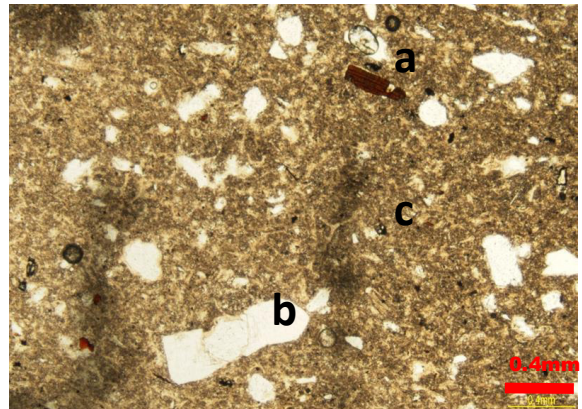
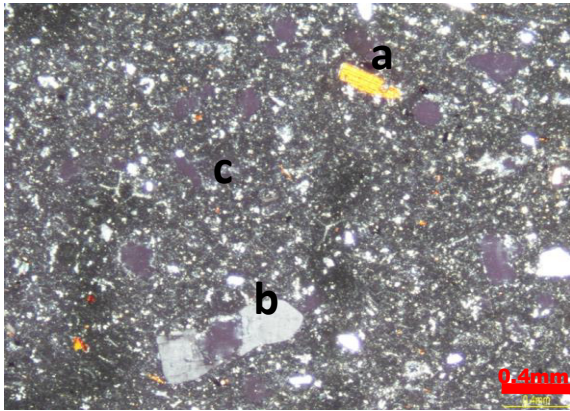
FOTOMICROGRAFÍA; con objetivos 2x

CON NICOLES CRUZADOS

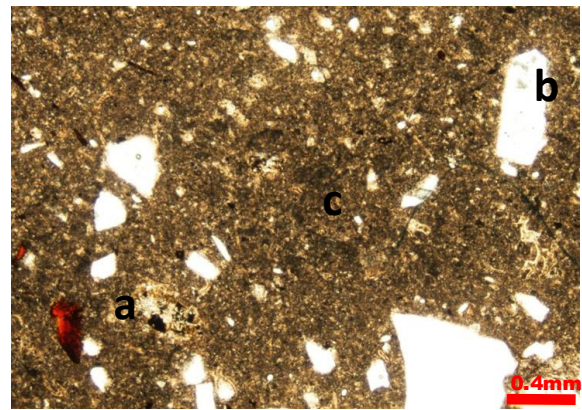
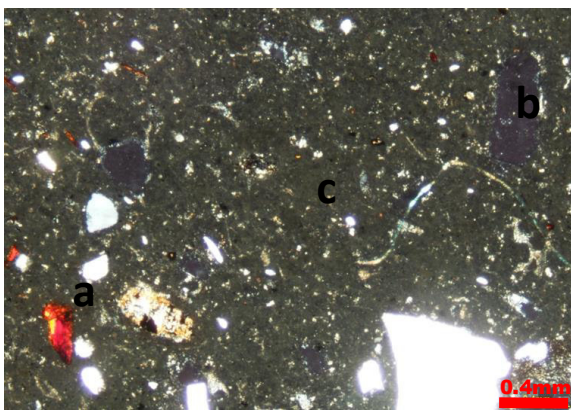
CON LUZ PARALELA



(a)Feldespato potásico; sanidino, alrededor (b)cristales de cuarzo, en una (c)matriz vítrea con textura porfídica.



(a)Biotita en color amarillo-naranja, (b)feldespato potásico, sobre una (c)matriz vítrea con textura porfídica.



(a)Piroxeno en color rojo, (b)feldespato potásico con extinción paralela, cuarzos, sobre una (c)matriz vítrea con textura porfídica.



Cristal de mayor tamaño encontrado en esta lamina delgada con un largo de 1.56mm.

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



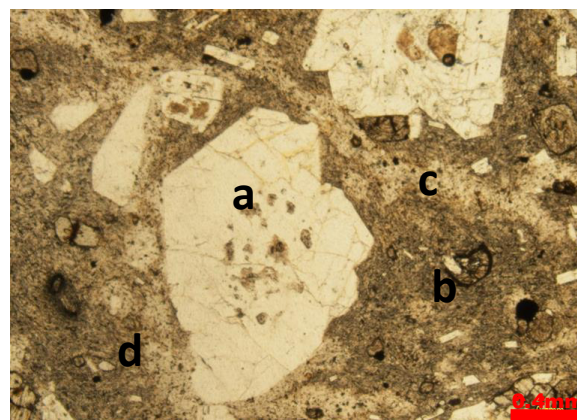
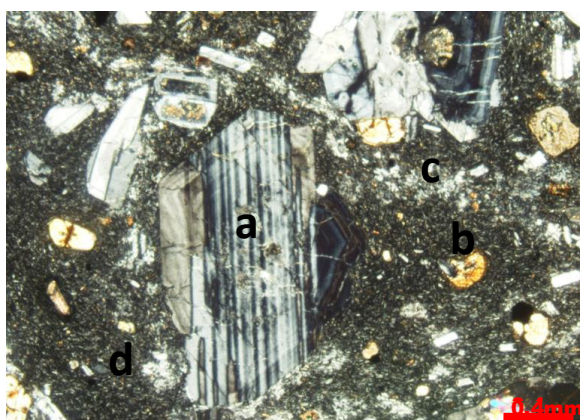
# MUESTRA	24	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA-67-10		370601	2329263	2033
SECCION:	EL SALTO	UNIDAD:	ANDESITA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura			
SA67-10	Feldespatos K	7	Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vítrofica	Traquítica
	Clinopiroxenos	1										
	Micas	7										
	Glomero-cristales	15										
	Plagioclasas	15										
	Cuarzo	7										
	Opacos	1										
Cristalinidad			X			X		X				
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones	Algunas pómez siendo reemplazadas.											

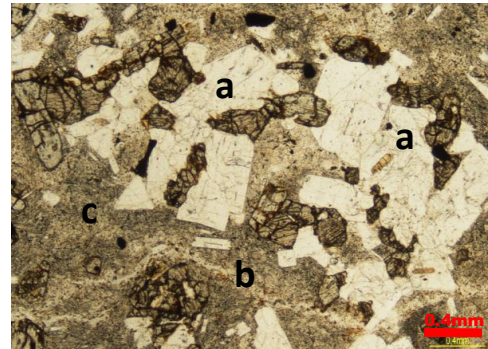
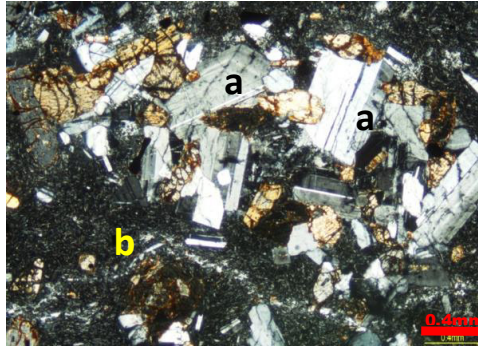
FOTOMICROGRAFÍA; con objetivos 2x

CON NICOLES CRUZADOS

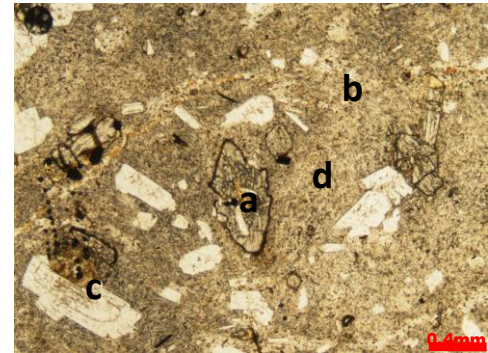
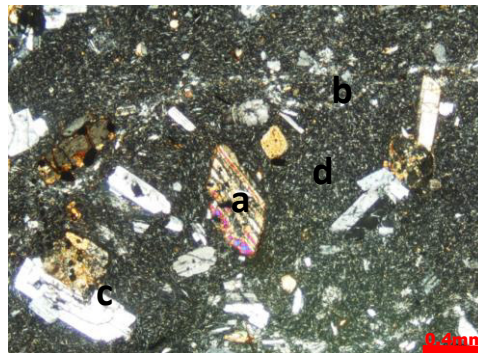
CON LUZ PARALELA



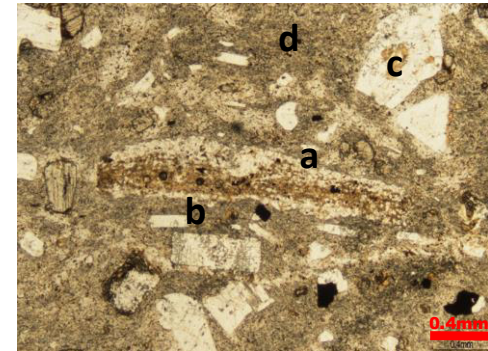
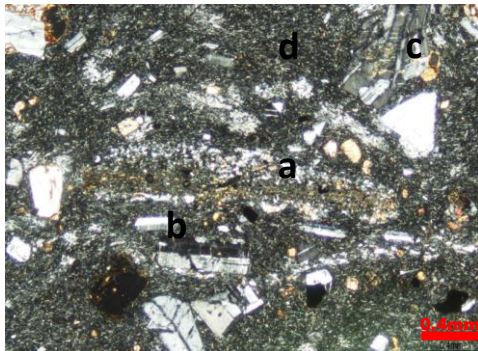
(a) Oligoclasa con macla tipo polisintética zoneada, (b) biotita en color marrón-anaranjado, (c) pómez con reemplazamiento de cuarzo, en una (d) matriz vítrea.



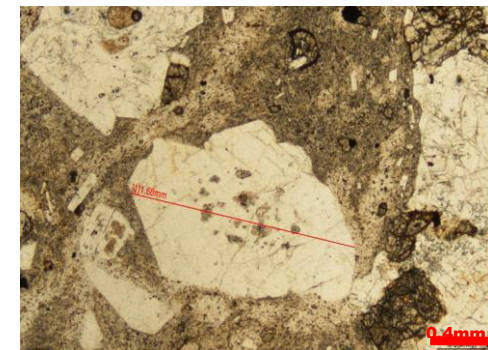
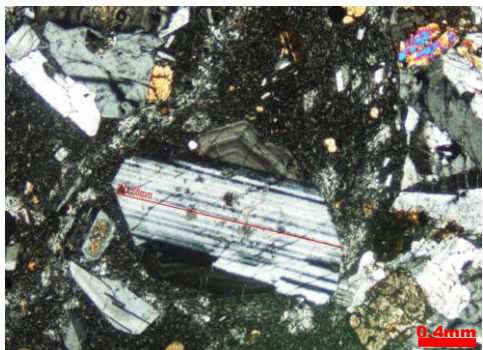
(a) Glomero cristales de feldespatos potasitos, plagioclasa zoneada y piroxenos. (b) Vidrio aplastado, (c) matriz vítrea con presencia de clorita.



(a) Augita, (b) vidrio aplastado, (c) feldespatos potásicos, en (d) matriz vítrea, con una textura porfídica.



(a) Pómez con reemplazamiento de cuarzos y alteración de clorita, (b) feldespato potásico; sanidino con macla tipo Carlsbad, (c) plagioclasa; oligoclasa con maclas tipo polisintética, en (d) matriz vítrea con una textura porfídica.



Cristal mas grande encontrado en esta lamina delgada, plagioclasa con un largo de 1.68mm.

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA

DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



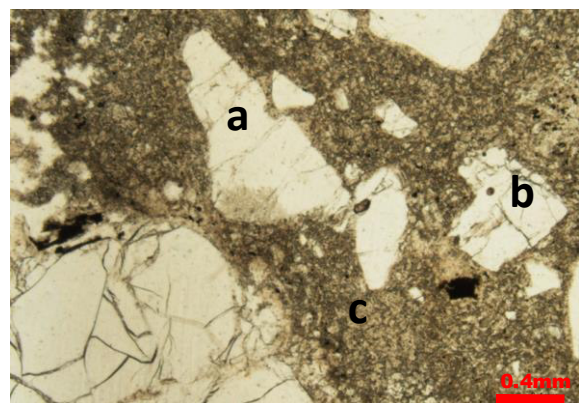
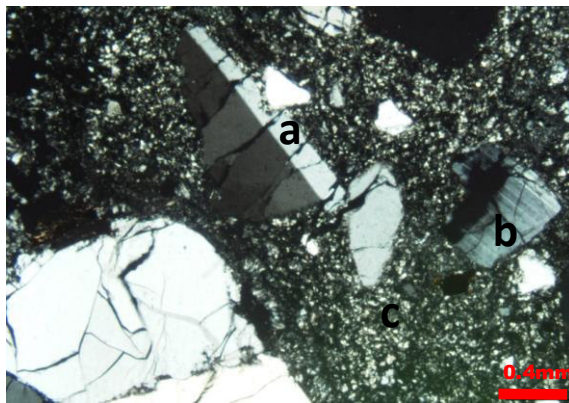
# MUESTRA	25	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA-67-11		370601	2329682	2033
SECCION:	EL SALTO	UNIDAD:	IGNIMBRITA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura			
SA67-11	Feldspatos K	7	Euhedral	Subhedral	Anhedral	> 3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vitrificada	Traquítica
	Pómez	2										
	Micas	3										
	Plagioclasas	7										
	Cuarzo	10										
	Opacos	-1										
Cristalinidad			X		X			X				
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones	Pómez siendo reemplazada.											

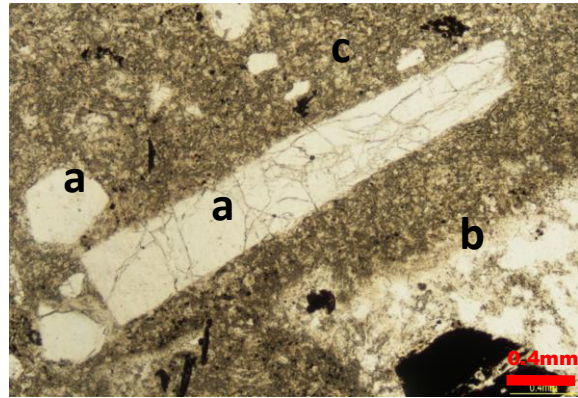
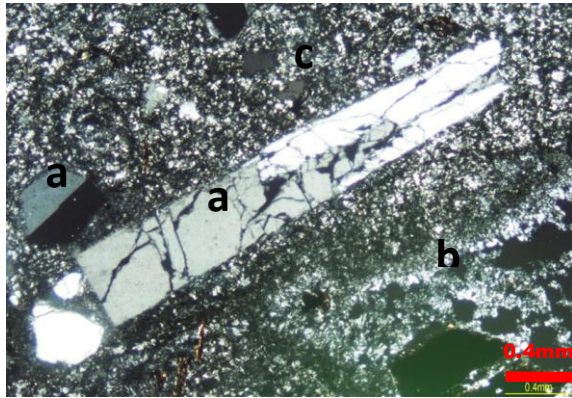
FOTOMICROGRAFÍA; con objetivos 2x

CON NICOLES CRUZADOS

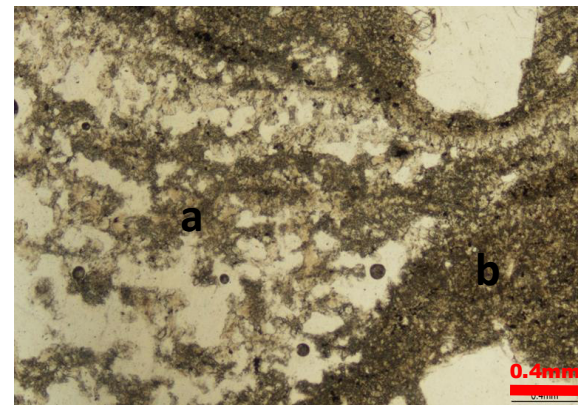
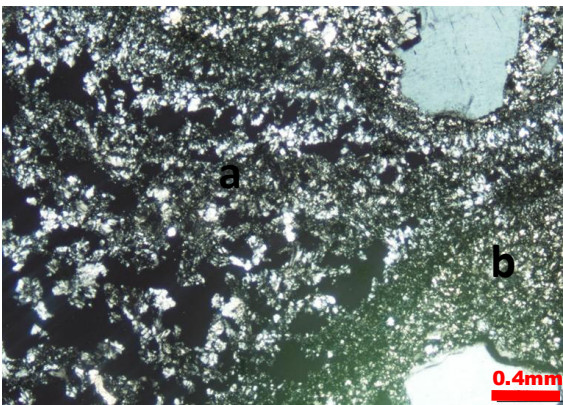
CON LUZ PARALELA



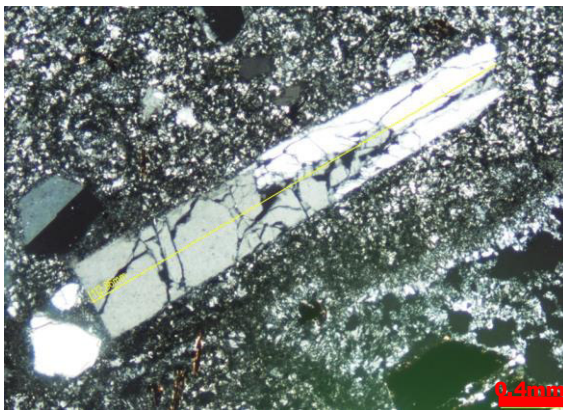
(a) Sanidino con macla tipo Carlsbad, (b) oligoclasa con macla tipo polisintética, sobre una (c) matriz vítrea con cristales de cuarzo.



(a) Sanidino con macla tipo Carlsbad, (b)recristalización por cuarzo, en una (c)matriz vítrea con cristales de cuarzo.



(a)Pómez con remplazamiento de cuarzo, feldespato potásico, en (b)matriz vítrea con desvitrificación de cuarzos y feldespatos.



Uno de los cristales más grande encontrado en esta lamina delgada con un largo de 2.88mm.

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



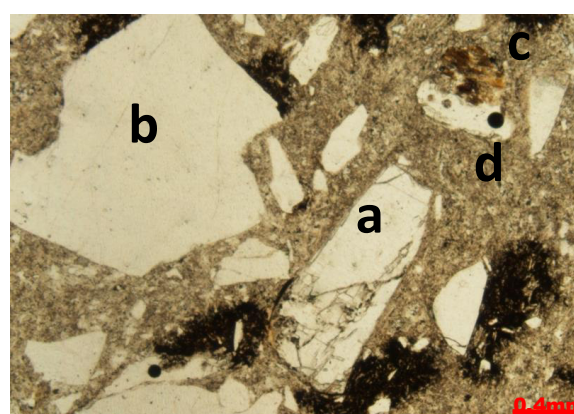
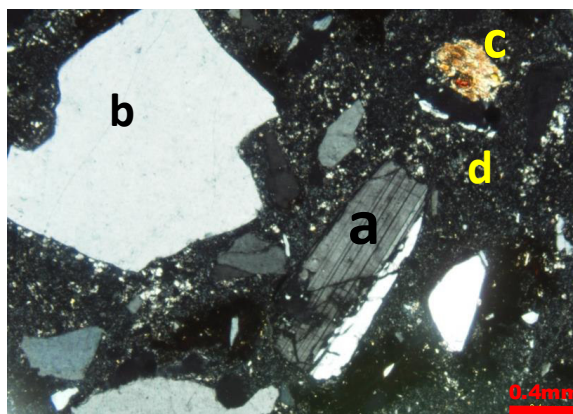
# MUESTRA	26	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA-67-12		370601	2330396	2128
SECCION:	EL SALTO	UNIDAD:	IGNIMBRITA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura			
SA67-12	Feldspatos K	15	Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vitrificada	Traquita
	Micas	5										
	Plagioclasas	5										
	Cuarzo	7										
	Opacos	-1										
Cristalinidad			X			X		X				
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones												

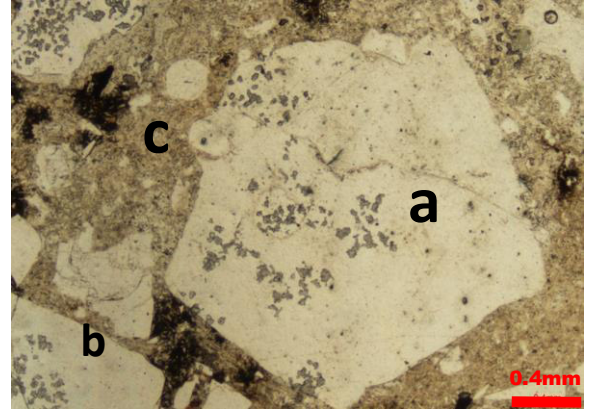
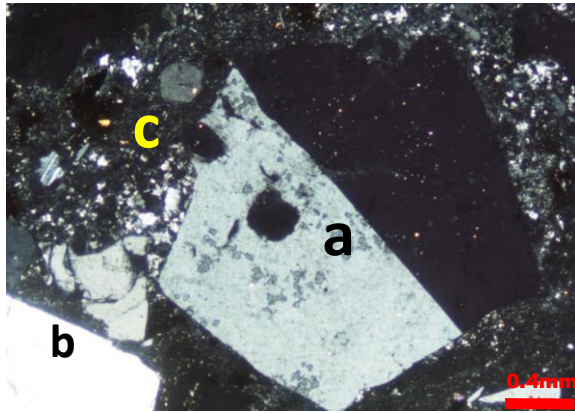
FOTOMICROGRAFÍA; con objetivos 2x

CON NICOLES CRUZADOS

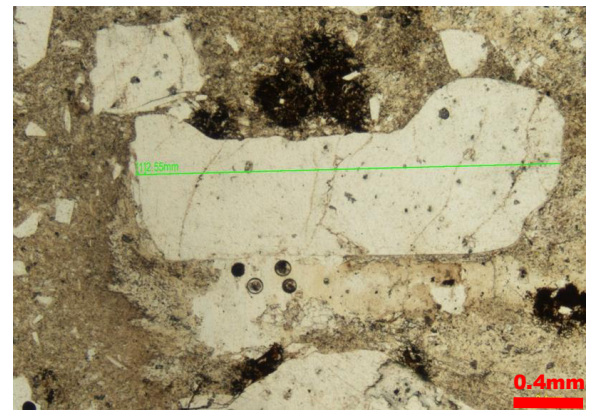
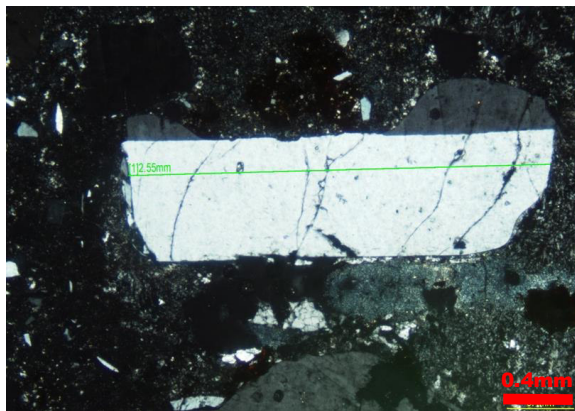
CON LUZ PARALELA



(a) Oligoclasa con macla tipo polisintética, (b) cuarzo con bordes corroídos, (c) biotita en (d) matriz vítrea con textura porfídica.



(a) Sanidino con macla tipo carlsbad, (b) cuarzo en (c) matriz vítrea con textura porfídica.



Cristal más grande encontrado en esta lamina delgada, feldespato potásico con un largo de 2.55mm.

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



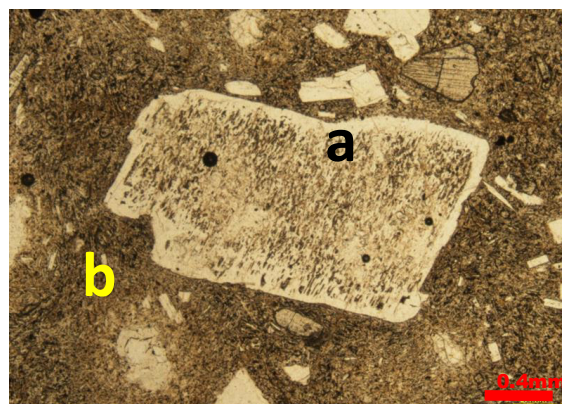
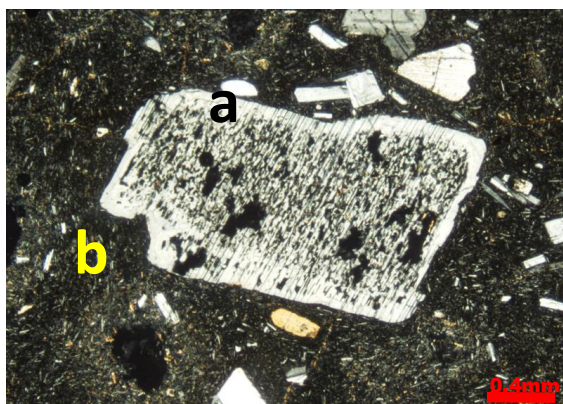
# MUESTRA	27	COORDENADAS:	X	Y	Z
MUESTRA:	SA-67-13		370601	2330028	2171
SECCION:	EL SALTO	UNIDAD:	ANDESITA		

Muestra	Minerales	%	Forma			Tamaño			Textura			
SA67-13	Feldspatos K	15	Euhedral	Subhedral	Anhedral	>3mm	0.3mm - 3mm	<0.3mm	Porfídica	Microporfídica	Vitrificada	Traquítica
	Micas	3										
	Plagioclasas	10										
	Cuarzo	5										
	Glomerocristales	3										
	Piroxenos	3										
	Opacos	-1										
Cristalinidad			X			X		X				
Holocristalina												
Holohialina												
Hipocristalina	X											
Perlítica												
Esferulítica												
Matriz												
Vítrea	X											
Cristalina- vítrea												
Cristalina												
Observaciones	Glomerocristales de plagioclasa y feldspatos.											

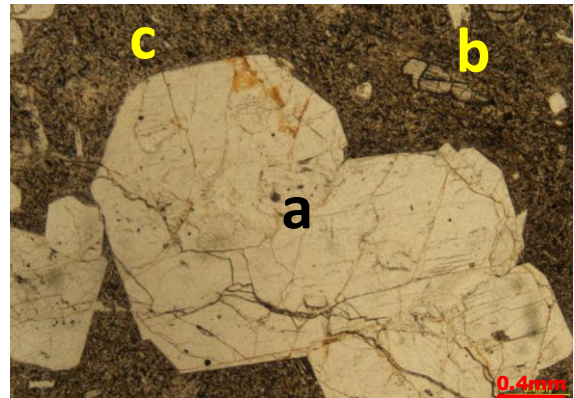
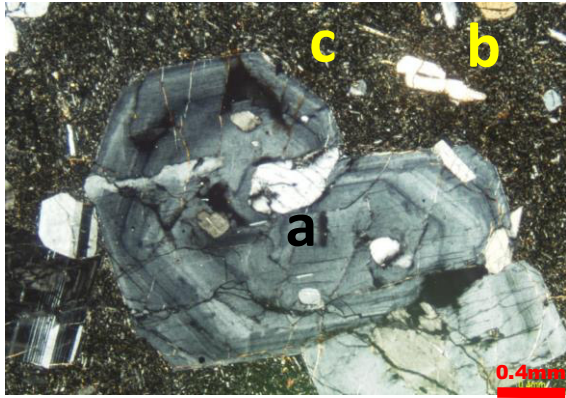
FOTOMICROGRAFÍA; con objetivos 2x

CON NICOLES CRUZADOS

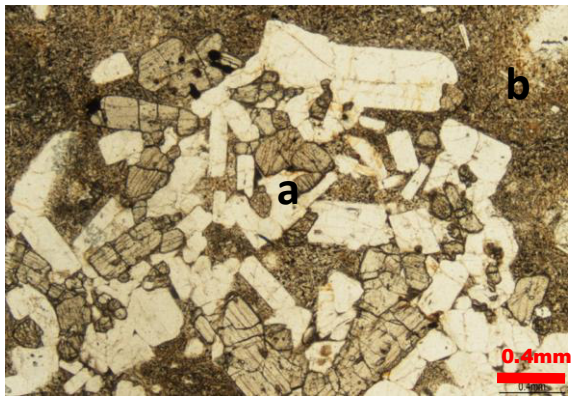
CON LUZ PARALELA



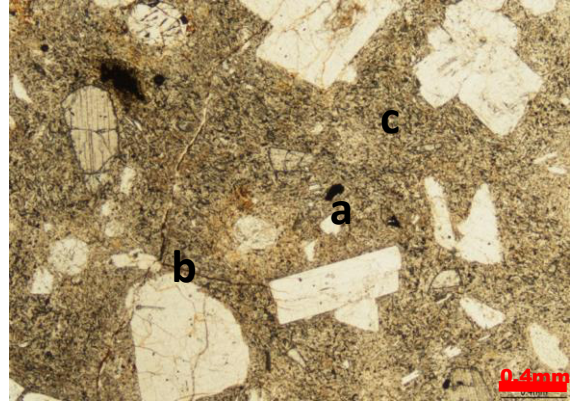
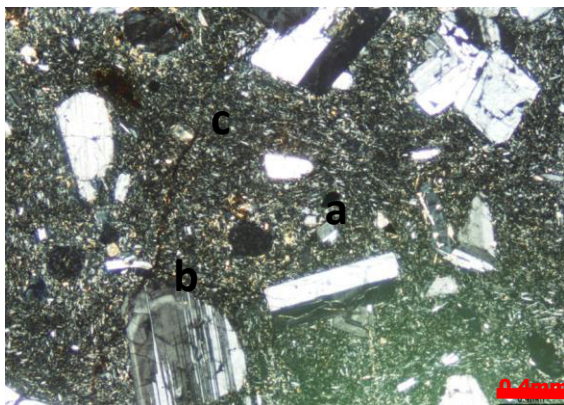
(a) Plagioclasa con textura tipo tamiz alrededor cristales de piroxenos sobre una
(b) matriz vítrea con textura porfídica.



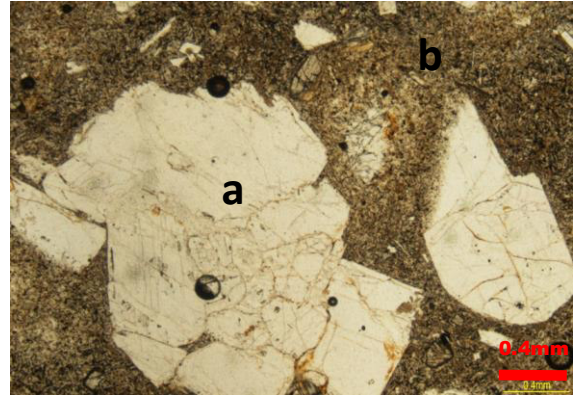
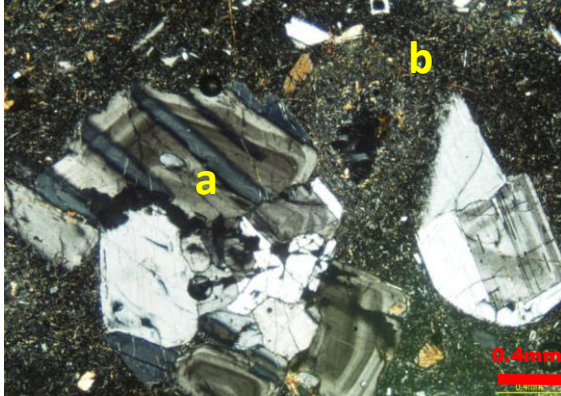
(a) Plagioclase zonada, (b) piroxeno, en una (c) matriz vítrea con textura porfídica.



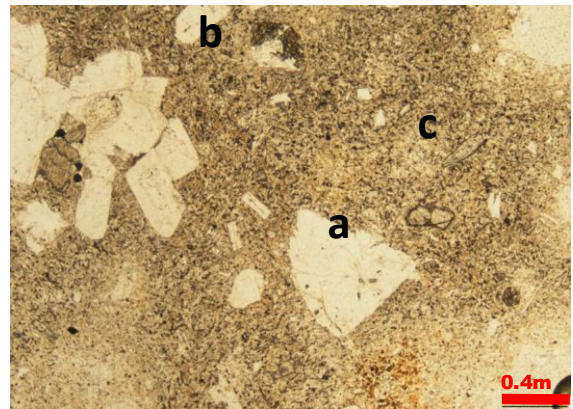
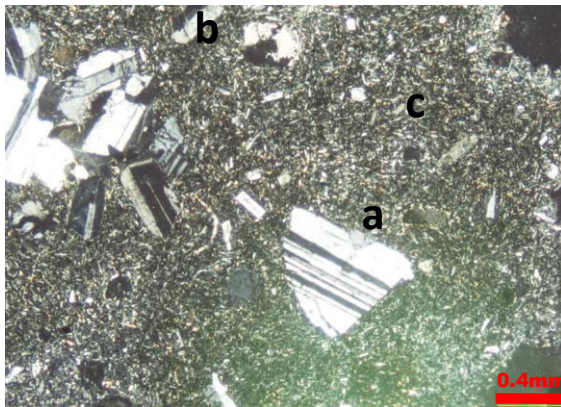
(a) Glomerocrystal de feldspatos potásicos como son la sanidinos y plagioclasas algunas zoneadas en (b) matriz vítrea.



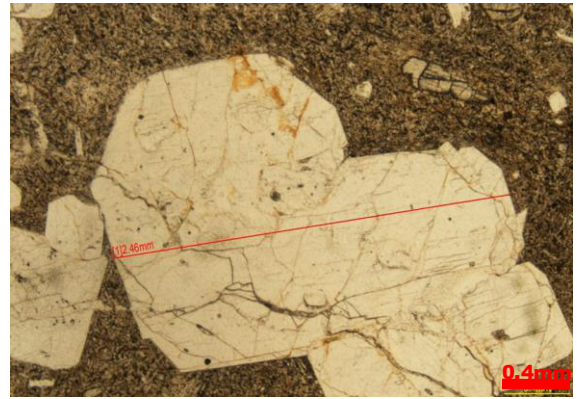
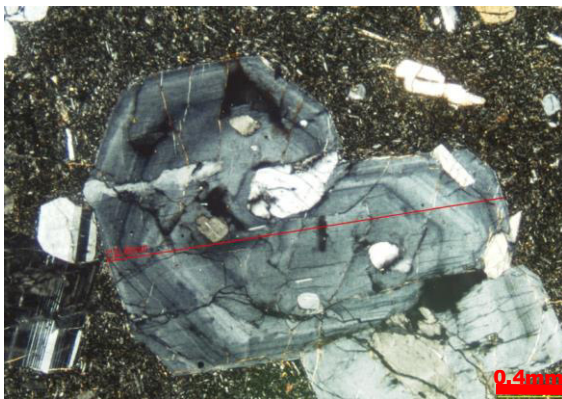
(a) Feldspatos potásicos (Sanidino), (b) plagioclase (oligoclase) con macla tipo polisintética zoneada en (c) matriz vítrea.



(a)Plagioclasa; oligoclasa con macla tipo polisintética muy zonada en
(b)matriz vítrea con textura porfídica.



(a)Plagioclasas; oligoclasa con maclas tipo polisintética, (b)feldespato potásico con macla tipo Carlsbad, en (c)matriz vítrea con textura porfídica.



Cristal mas grande encontrado en esta lamina delgada, cuarzo zonada con un largo de 2.46mm.

REFERENCIAS

- Aguillón-Robles, A., Tristán-González, M., Torres-Hernández, R., BustosGutiérrez, L.A., Carrizales-Aguilar, A., (2004). *Carta GeológicoMinera Santa María del Río, F14-C14, 1:50000: Servicio Geológico Mexicano (SGM), 1 Mapa*
- Aguirre-Díaz, G. (2008). *Types of collapse calderas. Collapse Calderas Workshop IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 3.*
- Aguirre-Díaz, Labarthe-Hernández, Tristán-González, Nieto-Obregón, Gutiérrez- Palomares. (2007). *Graben-calderas. Volcano-tectonic explosive collapse structures of the Sierra Madre Occidental, Mexico. European Geosciences Union, Vol 9.*
- Aguirre-Díaz, Labarthe-Hernández, Tristán-González, Nieto-Obregón, Gutiérrez- Palomares. (2008). *The Ignimbrite Flare-Up and Graben Calderas of the Sierra Madre Occidental, Mexico. Developments in Volcanology, 10, 144-174. 2008, De ELSEVIER.*
- Aguirre-Díaz, Labarthe-Hernández. (2003). *Fissure ignimbrites: Fissure-source origin for voluminous ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and its relationship with Basin and Range faulting. Geological Society of America, Vol 31, p. 773-776.*
- Aguirre-Díaz. (2008). *Types of collapse calderas. Collapse Calderas Workshop.*
- Arnosio, M., (2007). *Tipos de depósitos piroclásticos. Ponencia. XIV Curso Internacional de Volcanología de los Andes Centrales del Sur. Salta, Argentina.*
- Barragán, R., Campos-Madrigal, E., Ferrusquía-Villafranca, I., López-Palomino, I., Tolson, G. (2010). *Código estratigráfico norteamericano. Instituto de Geología, UNAM, 117, 9-14. <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/bol117.pdf>*
- Breitkreuz C., Armosio M. (2006). *Cartilla de texturas volcánicas. Ecuador.*
- Cameron, K. L., Nimz, G. J., Kuentz, D., Niemeyer, S., Gunn, S., (1989). *Southern Cordilleran basaltic andesite suite, southern Chihuahua, Mexico; a link between Tertiary continental arc and flood basalt magmatism in North America: Journal of Geophysical Research, 94, 7817-7840.*
- Cas, R. A. F., Wright, J. V., (1987). *Volcanic successions modern and ancient. Allen & Unwin, London, 528 p.*
- Cepeda Davila, L. (1985). *Apuntes de Petrología Ignea. FI/DICT/86-093. https://www.u-cursos.cl/usuario/c19094b1ea89f1f08e243796b671e2e5/mi_blog/r/APUNTES_DE_PETROLOGIA_IGNEA_ocr.pdf*

Cole, J.W., Milner D.M., and Spinks, K. D., (2005). *Calderas and caldera structures: a review. Earth Science Reviews*, v. 69, p. 1-96.

Damon, E., Muhammod Shafiqullah, Clark, F., (1981). *Evolucion de los arcos magmaticos en mexico y su relacion con la metalogenesis. UNAM, Vol 5, p. 223-238. 1981.*

Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J. (1998). *Minerales formadores de rocas. Mineralogía óptica: los minerales no opacos por Phillips / Griffen.*

Departamento de Petrología y Geoquímica. (2013). *Atlas de rocas ígneas. De Universidad Complutense de Madrid. <https://petroignea.wordpress.com/>*

Druitt, T. H. and Sparks, R. S. J., (1984). *On the formation of calderas during ignimbrite eruptions. Nature*, v. 310, p. 679-681.

E. WM. H., (1956). *Petrografía microscópica. Mcgraw-hill book company, inc. Cox et al. (1979): La interpretación de rocas ígneas, George Allen y Unwin, Londres.*

Ferrari L., Valencia-Moreno M., Scott B., (2005). *Magmatismo y tectónica en la Sierra Madre Occidental y relación con la evolución de la margen occidental de Norteamérica, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Num. 3, p. 343-378.*

Ferrari, L., López-Martínez, Aguirre-Díaz, Carrasco-Núñez. (1999). *Space- time patterns of Cenozoic arc volcanism in central Mexico: From the Sierra Madre Occidental to the Mexican Volcanic Belt. Geology, Vol 27, p. 303-306.*

Fisher, R. V., Schmincke, H. U., (1984). *Pyroclastic rocks. Springer-Verlag, Berlín.HeidelbergNew Cork. 472 p.*

Freundt A., Wilson N., Carey S. (1999). *Ignimbrites and block-and-ash flow deposits. en Encyclopedia of volcanoes. 581 p. U.S.A.: Academic Press.*

Gil-Crespo. (diciembre de 2009). *Forma y Habito., de Universidad del País Vasco - Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) <http://www.ehu.eus/mineralogiaoptica/>*

Gottsmann, J. and Martí, J., (2008). *Caldera Volcanism: Analysis, Modelling and Response, Developments in Volcanology 10, Elsevier, Amsterdam, 492 p.*

Henry, C. D., Aranda-Gómez, J. J., (2000). *Plate interactions control middle-late Miocene proto-Gulf and Basin and Range extension in the southern Basin and Range: Tectonophysics, 318, 1-26.*

Hollocher, K. (1985). *Texturas ígneas en sección delgada. Petrología, GEO-320. https://minerva.union.edu/hollochk/c_petrology/ig_textures.html*

INEGI. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos* Santa Catarina, Guanajuato. http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/11/11034.pdf

Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M. y Aranda-Gómez, J.J., (1982). *Revisión estratigráfica del Cenozoico de la parte central del Estado de San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto Técnico 85, 208 p*

Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M., Aguillón-Robles, A., Jiménez-López, L.S., Romero, A., (1989). *Cartografía geológica escala 1:50,000, de las hojas El Refugio y Mineral el Realito, Estados de San Luis Potosí y Guanajuato: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología, Folleto Técnico 112.*

Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M., Martínez-Ruíz, V. J., (1983). *Estudio geohidrológico de la Hoja Melchor, Estados de San Luis Potosí y Guanajuato: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto Técnico 92, 109 p.*

Lipman, P.W., (1997). *Subsidence of ash-flow calderas: Relation to caldera size and magma-chamber geometry: Bulletin Volcanologique, v. 59, p. 198-218.*

Llambías, E. (2002). *Geología de los cuerpos ígneos. INSTITUTO SUPERIOR DE CORRELACIÓN GEOLÓGICA (INSUGEO): Geología de los cuerpos ígneos, 15, Capítulo 9.7. http://www.insugeo.org.ar/publicaciones/docs/scg_15/capitulo_97.htm*

López-Loera H., Tristán-González M. (2013). *Geología y magnetometría aérea del Graben de Villa de Reyes, San Luis Potosí, Mesa Central de México: implicaciones tectónicas y geohidrológicas. En Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Vol. 65. S.L.P.*

MacKenzie, W. S.; Donaldson, C. H., Guilford, C. (1996). *Atlas de rocas ígneas y sus texturas. Masson, Barcelona.*

Marshall, P., (1935). *Acid rocks of the Taupo-Rotorua volcanic district. Trans. R. Soc. Nueva Zelanda. 64. 323p.*

Martí, J., Ablay, G.J., Redshaw, L.T., and Sparks, R. S. T., (1994). *Experimental studies of collapse calderas. Jornal Geol. Soc. Lond., v. 151, p.919-929.*

McDowell, F. W., Clabaugh, S. E., (1979), *Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and their relation to the tectonic history of western Mexico: Geological Society of America Special Paper, 180, 113- 124.*

McDowell, F. W., Keizer, R. P., (1977), *Timing of mid-Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango City and Mazatlán, Mexico: Geological Society of America Bulletin, 88, 1479-1487.*

McDowell, F. W., Keizer, R. P., (1977). *Timing of mid-Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango City and Mazatlán, Mexico: Geological Society of America Bulletin*, 88, 1479-1487.

Mcphie, J., Doyle, M., Allen, R., (1993). *Volcanic textures: a guide to the interpretation of textures in volcanic rocks. Centre for Ore Deposit and Exploration Studies, University of Tasmania*. 196p.

Middleton, GRAMO., 1973. *Johannes De Walther Ley de Correlación de Facies: Geológico Sociedad de America Boletín* , 38 : 979-988.

Murcia, Hugo F.; Borrero, Carlos A.; Pardo, Natalia; Alvarado, Guillermo E.; Arnosio, Marcelo. (2013). *Depósitos Volcanoclásticos: Términos y conceptos para una clasificación en español. Revista Geológica de América Central*, 48, 15-39 p.

Perez-Torrado F., Fernandez-Turiel J. (2015). *Peligros asociados a los depósitos piroclásticos. En Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (59-54). España.

Raith M., Raase, P., Reinhardt, J. (2012). *Guía para la microscopía de minerales en lámina delgada. Montevideo, Uruguay*.

Ross, C. y Smith, R., (1961). *Ash flow tuffs: their origin geologic, relations and identification. Geological Survey Professional, Washington. Paper 366*. 77 p

Servicio Geológico Mexicano, (22 de marzo de 2017). *Petrografía*. <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Petrografia.html>

Shelley, D., (1993). *Igneous and metamorphic rocks under the microscope: classification, textures, microstructures and mineral preferred orientations. Chapman & Hall, London*, 445 p.

Tapia Guerra. (2016). *Rocas Ígneas. de Geoaprendo* <https://www.geoaprendo.com/2016/10/petrografia-de-rocas-igneas.html>

Toselli, A. (2009), *Elementos Básicos de Petrología Ignea*. Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO). *San Miguel de Tucumán*.

Toselli, A., (2010). *Texturas. En Elementos Básicos de Petrología Ignea* (43-64). *San Miguel de Tucumán*.

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

Tristán-González, M., Aguillón-Robles, A., Barboza-Gudiño, J. R., TorresHernández, J.R., Herve, B., López-Doncel, R., Rodríguez-Ríos, R., Labarthe-Hernández, G., (2009). *Geocronología y distribución espacial del vulcanismo en el Campo Volcánico de San Luis Potosí: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 61 (3), 287-303.

Vernon, R. (2004). *A Practical Guide to Rock Microstructure*. Cambridge University.

W. Jack Rink, Jeroen W. Thompson. 2015. Walther's Law of Facies. *Encyclopedia of Scientific Dating Methods*. p. 957-958. DOI 10.1007/978-94-007-6304-3.

Walther, J., 1894, *Einleitung en morir Geologie als historische Wisconsinssenschaft*. En *Litogénesis der Gegenwart* . Jena: G. Fischer, Bd. 3, págs. 535-1055.

Ward, P. L., (1995), *Subduction cycles under western North America during the Mesozoic and Cenozoic eras*, en Miller, D. M., Busby, C. (eds.), *Jurassic Magmatism and Tectonics of the North American Cordillera: Geological Society of America Special Paper*, 299, 1-45.