

**ESTUDIO MINERALÓGICO Y PETROGRÁFICO COMPARATIVO ENTRE LAS
ROCAS ÍGNEAS DEL GRANITO DE PESCADERO AFLORANTES EN LOS
SECTORES DE BERLÍN (TONA), CUROS (PIEDRECUESTA) Y PESCADERO
DEPARTAMENTO DE SANTANDER, COLOMBIA**

EVER YAMIT GONZÁLEZ MARÍN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTA DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2011

**ESTUDIO MINERALÓGICO Y PETROGRÁFICO COMPARATIVO ENTRE LAS
ROCAS ÍGNEAS DEL GRANITO DE PESCADERO AFLORANTES EN LOS
SECTORES DE BERLÍN (TONA), CUROS (PIEDRECUESTA) Y PESCADERO
DEPARTAMENTO DE SANTANDER, COLOMBIA**

EVER YAMIT GONZÁLEZ MARÍN

**Trabajo de Grado realizado como requisito parcial para optar el título de
Geólogo**

DIRECTOR:

LUIS CARLOS MANTILLA FIGUEROA

Ph.D

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTA DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2011

DEDICATORIA

Este logro se lo quiero dedicar a las personas que han marcado cosas importantes en mi vida.

Dios por darme fortaleza y sabiduría.

Mis padres por apoyarme en todo y por estar siempre a mi lado.

Mi hermano el que es mi amigo y mi parcerero.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander y su Escuela de Geología.

A Luis Carlos Mantilla Figueroa, por darme la oportunidad y además por su gran dedicación, paciencia y sabiduría.

A los profesores de la Escuela de Geología, los cuales aportaron sus enseñanzas, especialmente a Carlos García.

A Lucho (Luis Eduardo Garrido Palencia) por su amistad y colaboración en el laboratorio.

Al grupo de investigación MINPETGEO, el cual aportó los recursos para el desarrollo de esta investigación.

A mis tres compañeras de trabajo Cata, Pao y Meli uds saben que las quiero mucho.

A mis amigos y parceros de geología, incondicionales con los que compartí muchos momentos de alegría y diversión, Carlos Mejía, Xavier Gómez, Erich Cabellero, Karl Amaya, Monik Mendoza, Aura Uribe, Lizet Gómez, Leydy Valencia, Camilo Meteus, Diego Gómez, Wilson Sánchez.

A Construsuleos Ltda. y Llave de Oro S.A.S., por abrirme las puertas a la vida laboral, Ing. Miguel Angel Camargo, Ing. Miguel R. Silva, Geol. Balmer Echeverry.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	18
1. OBJETIVOS	19
1.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
2. METODOLOGÍA.....	20
2.1. FASE DE OFICINA	20
2.2. FASE DE CAMPO	20
2.3. FASE DE LABORATORIO.....	21
2.3.1. Descripción macroscópica	22
2.3.2. Descripción microscópica (petrografía)	22
2.3.3. Difracción de rayos X	26
2.3.4. Fluorescencia de rayos X y espectroscopia de masas (ICP- MS).....	27
2.4. FASE DE INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	28
2.5. ELABORACIÓN Y SUSTENTACIÓN DEL INFORME FINAL	28
3. GENERALIDADES DEL ÁREA DE TRABAJO	29
3.1. LOCALIZACIÓN	29
3.2. VÍAS DE ACCESO	30
3.3. CLIMA Y VEGETACIÓN	31
4. ANTECEDENTES	34
4.1. ESTRATIGRAFÍA	34
4.2. TECTÓNICA.....	36
5. RESULTADOS	40
5.1. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ROCAS GRANÍTICAS EN LOS SECTORES OBJETO DE ESTUDIO.....	40
5.2. DESCRIPCIÓN MEGA Y MACROSCÓPICA DE LAS ROCAS GRANÍTICAS.....	41
5.2.1. SECTOR A (CUROS – PESCADERO)	43
5.2.2. SECTOR (B) BERLÍN.....	47

5.3.	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE LAS ROCAS GRANÍTICAS.....	49
5.3.1.	CUROS (SECTOR A-1)	49
5.3.2.	PESCADERO (A-2).....	58
5.3.3.	BERLÍN (B)	65
6.	IDENTIFICACIÓN DE LAS FASES MINERALES EN LAS ROCAS GRANÍTICAS, MEDIANTE ANÁLISIS DE DRX.....	73
6.2.	ROCAS PORFIRÍTICAS	80
6.3.	VENA DE CUARZO.....	82
7.	GEOQUÍMICA	84
7.1.1.	INDICE DE METEORIZACIÓN CIW	86
7.1.2.	CONCENTRACIÓN DE SÍLICE	87
7.1.3.	SATURACIÓN DE ALÚMINA.....	87
7.1.4.	COMPOSICIÓN NORMATIVA CIPW	88
7.1.5.	CLASIFICACIÓN TAS.....	90
7.1.6.	ESTADO DE OXIDACIÓN DEL MAGMA.....	92
7.1.7.	SERIES MAGMÁTICAS	93
7.1.8.	DIAGRAMAS DE VARIACIÓN	95
7.2.	ANÁLISISGEOQUÍMICO DE ELEMENTOS TRAZA	97
7.3.	CONSIDERACIONES SOBRE POSIBLES CONCENTRACIONES ANÓMALAS DE ELEMENTOS.....	101
8.	CONCLUSIONES.....	103
9.	RECOMENDACIONES	105
10.	BIBLIOGRAFÍA	106
	ANEXOS.....	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cortadora Minosecar 2 ROW-RATHENO. Laboratorio de preparación de muestras Escuela de Geología UIS.	23
Figura 2. Estufa marca ELCONAP. Laboratorio de preparación de muestras Escuela de Geología UIS.	23
Figura 3. Pulidora desvastadora marca BUEHLER. Laboratorio de preparación de muestras Escuela de Geología UIS.	24
Figura 4. Abrasivos.	24
Figura 5. Pulidora con paño, marca Montasupal. Laboratorio de preparación de muestras Escuela de Geología UIS.	25
Figura 6. Microscopio de luz transmitida NIKON ECLIPSE E200 50/POL con cámara y pantalla incorporada: Digital Sight DS-SM y Digital Sight DS-L1. Laboratorio de microscopía óptica, escuela de Geología, (UIS).	26
Figura 7. Difractómetro de Rayos X, modelo D/MAX IIIB. Laboratorio de Difracción de rayos X Escuela de Química UIS.	27
Figura 8. Localización geográfica del área de estudio. Colombia.	29
Figura 9. Vías de acceso a las zonas objeto de estudio (Curos – Berlín).	31
Figura 10. Vista panorámica Curos. El cuadro indica la zona donde se tomaron las muestras para su posterior análisis.	32
Figura 11. Vista panorámica Paramo de Berlín.	33
Figura 12. Esquema geológico del área de estudio.	35
Figura 13. División tectónica del departamento de Santander, localización del área de estudio dentro del Bloque de Ocaña, provincia Macizo de Santander.	37
Figura 14. Esquema estructural del Departamento de Santander. Clavijo, <i>et; al.</i> (1993).	39
Figura 15. Distribución espacial de las estaciones hechas en los recorridos a campo con respecto a la Falla de Bucaramanga.	41

Figura 16. Aspecto del Granito de Pescadero localizado en Curos y dique de riolita porfírica.	44
Figura 17. A) Fotografía tomada a muestra de mano estación TEG-E2-001, la cual se observa la vena de textura pegmatita. B) Muestra TEG-E2-002, en la cual se observan pequeñas vetillas de aproximadamente 1mm a 2mm de tamaño.	45
Figura 18. A) Aspecto del Granito de Pescadero localizado en Pescadero. B) Vena de cuarzo cortando el granito.	46
Figura 19. Fotografía de la vena de cuarzo de textura comb, con hábito de los cristales de cuarzo en forma de diente de perro, y relictos del granito dentro de la misma.	46
Figura 20. A) Fotografía panorámica de la geomorfología de altiplanicies de Berlín. B) Aspecto del Granito de Pescadero localizado en Berlín. C) Vena de aplita cortando al granito.	48
Figura 21. A. y B. Muestra TEG-E2-001, donde se observa la geometría esquelética del cuarzo, lo que evidencia de la textura gráfica. Microfotografía tomada con objetivo de 5x. A) Luz polarizada. y B) Luz plana no analizada.	52
Figura 22. A. y B. Muestra TEG-E2-002, donde se observa el intercrecimiento de cuarzo en un cristal de feldespato potásico. C. y D. Geometría esquelética del cuarzo, lo que evidencia la textura gráfica. Microfotografía tomada con objetivo de 5x. A-C) Luz polarizada. y B-D) Luz plana no analizada.	53
Figura 23. A. y B. Muestra TEG-E1-002 donde se observan los fenocristales de cuarzo con embahiamiento presentes en las rocas ígneas objeto de estudio. C. y D. Fenocristal de feldespato potásico con inclusiones de plagiocalsa. E. y F. Fenocristal de plagiocalsa con el maclado tipo albita, con una fuerte alteración a sericita. Microfotografía tomada con objetivo de 5x. A-C-E) Luz polarizada. y B-D-F) Luz plana no analizada.	56
Figura 24. A.-B.-C. y D. Muestra TEG-E1-003 donde se observan los fenocristales de feldespato potásico y plagioclasa presentes en las rocas ígneas objeto de estudio. Microfotografía tomada con objetivo de 5x. A-C) Luz polarizada. y B-D) Luz plana no analizada.	57
Figura 25. Muestra TEG-E3-001 A.-B. Donde se observa los cristales de cuarzo de forma esquelética - cuneiforme. C.-D. Se observa una zona fracturada rellena con un cuarzo de menor tamaño. Microfotografía tomada con objetivo de 5x. A-C) Luz polarizada. y B-D) Luz plana no analizada.	60

Figura 26. Muestra TEG-E4-001 A.-B. Donde se observa los fenocristales cristales plagioclasa. C.-D. Se observa un fenocristal de ortoclasa de forma rectangular con inclusiones de plagioclasa. Microfotografía tomada con objetivo de 5x. A-C) Luz polarizada. y B-D) Luz plana no analizada.	64
Figura 27. Muestra TEG-E5-001 A.-B.- C.- D. Donde se observa la mineralogía característica de esta zona, donde se evidencia la alta meteorización en el contenido de caolinita y sericita en los feldespatos y además su alto grado de fracturamiento ayudando también a esta meteorización. Microfotografía tomada con objetivo de 5x.A-C) Luz polarizada. y B-D) Luz plana no analizada.	68
Figura 28. Muestra TEG-E6-001 A.-B.- C.- D. Donde se observa la mineralogía característica de esta zona, donde se evidencia la alta alteración en el contenido de caolinita y sericita en los feldespatos. Microfotografía tomada con objetivo de 5x. A-C) Luz polarizada. y B-D) Luz plana no analizada.	69
Figura 29. Grafica de los porcentajes minerales de las rocas graníticas, con respecto a los Sectores A y B.	71
Figura 30. Grafica de los tamaños de grano con respecto a los Sectores A y B. ..	72
Figura 31. Grafica estadística del porcentaje mineral de las rocas graníticas con respecto a los sectores de estudio.	75
Figura 32. Difractograma para la muestra TEG-E1-001 (Granito) sector Curos (A-1), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 13.	76
Figura 33. Difractograma para la muestra TEG-E2-001 (Granito) sector Curos (A-1), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 13.	77
Figura 34. Difractograma para la muestra TEG-E2-002 (Granito) sector Curos (A-1), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 13.	77
Figura 35. Difractograma para la muestra TEG-E3-001 (Granito) sector Pescadero (A-2), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 13.	78
Figura 36. Difractograma para la muestra TEG-E5-001 (Granito) sector Berlín (B), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 13.	78
Figura 37. Difractograma para la muestra TEG-E6-001 (Granito) sector Berlín (B), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 13.	79
Figura 38. Difractograma para la muestra TEG-E6-002 (Granito) sector Berlín (B), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 13.	79

Figura 39. Difractograma para la muestra TEG-E1-002 (Riolita porfirítica) sector Curos (A-1), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 14..	81
Figura 40. Difractograma para la muestra TEG-E1-003 (Riolita porfirítica) sector Curos (A-1), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 14..	81
Figura 41. Difractograma para la muestra TEG-E3-002 (Vena de cuarzo), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 15.	83
Figura 42. Grafica de los porcentajes de minerales en roca, basados en datos de análisis de Fluorescencia de rayos x.	90
Figura 43. Clasificación química y nomenclatura de rocas ígneas, usando el diagrama de proyección de los álcalis versus sílice (TAS). Diagrama de rocas plutónicas y volcánicas. La línea gruesa subdivide las rocas alcalinas (parte superior) y subalcalinas (parte inferior).	92
Figura 44. Diagrama de caracterización del magma (oxidante – reductor).....	92
Figura 45. Diagrama álcalis vs. sílice. Línea de división de series alcalina/subalcalina.....	93
Figura 46. Diagrama AFM de distinción entre serie toleítica y calco-alcalina, para las rocas graníticas.	94
Figura 47. Subdivisión de rocas subalcalinas, usando el diagrama de proyección K ₂ O versus SiO ₂ , las bandas grises son los campos en los cuales caen los límites entre series.....	94
Figura 48. Diagramas de variación de Harker; Óxidos vs Sílice para las rocas graníticas.	96
Figura 49. Elementos traza normalizados al manto primitivo.	99
Figura 50. Elementos traza normalizados respecto al condrito.....	99
Figura 51. Diagramas Nb vs Y propuesto por Pearce <i>et al.</i> , (1984). Usados para la descripción del ambiente tectónico a través de las muestras.....	100
Figura 52. Diagramas Rb vs Y+Nb propuesto por Pearce <i>et al.</i> , (1984). Usado para la descripción del ambiente tectónico a través de las muestras.	100

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de petrografía, mineralogía y geoquímica efectuados a las muestras recolectadas en el área de estudio.....	21
Tabla 2. Especificaciones técnicas del equipo de difracción.....	27
Tabla 3. Relación de los sectores objeto de estudio, con respecto a la Falla de Bucaramanga.....	30
Tabla 4. Relación de estaciones con sus respectivas muestras y coordenadas....	40
Tabla 5. Resultados obtenidos de DRX en la muestra de vena de cuarzo mostrando las fases minerales presentes.....	47
Tabla 6. Relación de las secciones delgadas con respecto al sector.....	49
Tabla 7. Composición mineralógica modal de las rocas faneríticas de Curos.....	50
Tabla 8. Composición mineralógica modal de las rocas porfíricas de Curos.....	54
Tabla 9. Composición mineralógica modal de las rocas de Pescadero.....	58
Tabla 10. Composición mineralógica modal de la riolita porfírica de Pescadero.	61
Tabla 11. Composición mineralógica modal del granito de Berlín.....	66
Tabla 12. Comparación textural y mineralógica de los sectores A y B.....	70
Tabla 13. Resultados obtenidos de DRX en las muestras de roca granítica mostrando las fases minerales presentes.....	74
Tabla 14. Resultados obtenidos de DRX en las muestras de rocas porfíricas mostrando las fases minerales presentes.....	80
Tabla 15. Resultados obtenidos de DRX en la muestra de vena de cuarzo mostrando las fases minerales presentes.....	82
Tabla 16. Resumen de las rocas llevadas al laboratorio.....	85
Tabla 17. Resultados de Fluorescencia de rayos x, expresados en % en peso. ...	85
Tabla 18. Relación índice químico de meteorización (CIW), para las rocas analizadas.....	86

Tabla 19. Clasificación de rocas ígneas de acuerdo a la concentración de sílice expresada en % en peso.	87
Tabla 20. Clasificación de rocas de acuerdo al índice de saturación de alúmina. .	88
Tabla 21. Composición normativa de las rocas objeto de estudio.....	89
Tabla 22. Resultados arrojados del análisis químico de ICP-MS expresados en ppm y %.....	97
Tabla 23. Abundancia de los elementos en la corteza terrestre.	101

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 109
ANEXO 2 117
ANEXO 3 144

TITULO: ESTUDIO MINERALÓGICO Y PETROGRÁFICO COMPARATIVO ENTRE LAS ROCAS ÍGNEAS DEL GRANITO DE PESCADERO AFLORANTES EN LOS SECTORES DE BERLÍN (TONA), CUROS (PIEDECUESTA) Y PESCADERO DEPARTAMENTO DE SANTANDER, COLOMBIA ¹

AUTOR: Ever Yamit González Marín²

PALABRAS CLAVE: subvolcánicas, subenfriamiento, riolita porfírica, granito.

RESUMEN

Este documento es el resultado de un trabajo de grado 'Modalidad Investigación', desarrollado en los sectores Curos, Pescadero (Municipio de Piedecuesta) y Berlín (Municipio de Tona), en los cuales se estudiaron rocas ígneas plutónicas de composición granítica y algunas manifestaciones de rocas subvolcánicas, hospedadas en éstas litologías.

En el área de Curos, se reconocieron litologías de tipo granítico-granito alcalino (próximas a éste límite) y cortando éstas litologías se reconocieron diques de riolitas porfíricas. Por otro lado, en el sector de Pescadero, las litologías dominantes fueron igualmente clasificadas como granito-granito de feldespatos alcalinos. En el sector de Berlín, las litologías nuevamente siguen proyectándose en el límite granitos-granitos de feldespatos alcalinos.

Durante el estudio petrográfico, se reconocieron texturas micrográficas en el sector de Curos, mientras que en el sector de Pescadero y Berlín, las texturas dominantes eran más de tipo faneríticas y ocasionalmente con textura tipo cuarzo cuneiforme. Estas características petrográficas, entre otras, apuntan a fenómenos de subenfriamiento (*under-cooling*), muy marcado para el sector de Curos, lo cual se interpreta como producidas por el emplazamiento de magmas en ambientes someros y posiblemente asociadas a fenómenos simultáneos de deshidratación del fundido silicatado.

Considerando que las rocas graníticas aquí estudiadas han sido agrupadas dentro del Plutón de Pescadero (en sentido amplio), de edad Juratriásica, se sugiere que el sector de Pescadero y Berlín presentan rasgos muy parecidos en cuanto al ambiente del emplazamiento de los magmas, composición mineralógica y rasgos químicos y texturales, entre otros. La diferencia de cota actual entre el sector de Berlín (~3300 msnm) y Pescadero (~750msnm), refleja el carácter positivo del bloque Este (Bloque B) de la falla de Bucaramanga (levantamiento) y el carácter negativo de su bloque oeste (Bloque A), en el cual se han preservado las partes más someras del paleosistema volcánico-plutónico.

¹ Proyecto de Grado

² Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-químicas. Escuela de Geología. Director Ph D. Luis Carlos Mantilla Figueroa

TITLE: MINERALOGICAL AND PETROGRAPHIC STUDY COMPARATIVE BETWEEN THE IGNEOUS ROCKS OF THE GRANITE OF PESCADERO OUTCROPPING IN THE SECTORS OF BERLIN (TONA), CUROS (PIEDECUESTA) AND PESCADERO, DEPARTMENT OF SANTANDER, COLOMBIA.¹

AUTHOR: Ever Yamit González Marín²

KEY WORD: Subvolcanic, under-cooling, riolite, porphyritic, granite.

ABSTRACT

This document is a “Research Type” degree work result developed in the Curos area, Pescadero (Piedecuesta Town) and Berlin (Tona Town), where plutonic igneous rocks of granitic composition and few occurrences of subvolcanic rocks hosted in these lithologies.

In the Curos area, granitic-alkaline granite lithologies were recognized (next to this limit) and cutting these rocks, porphyritic riolite rock dikes were recognized. On the other hand, in the Pescadero zone, the dominant lithologies were equally classified like granite-alkaline feldspar granite. In the Berlin area, lithologies project in the limit granite-alkaline feldspar granite.

Petrographic studies allowed to recognized micrographic textures in the Curos area, while in the Pescadero and Berlin áreas the dominant textures were faneritic type and occasionally with cuneiform quartz. These petrographic characteristics, among others, point to undercooling phenomena, especially in the Curos area interpreted as produced by the emplacement of magmas in shallow environments and possibly associated to silicate molten simultaneous dehydration.

Considering that the granitic rocks studied here have been grouped in the Pescadero plutonic body (wide sense) of Jura-Triassic age, it is suggested that Pescadero area and Berlin area have very alike features in terms of magma emplacement environment, mineralogic composition and chemical features and textural features, among others. The current elevation difference between the Berlin area (~3300 m.a.s.l.) and Pescadero area (~750 m.a.s.l.), shows the positive nature of the East block (B Block) of the Bucaramanga Fault (rising) and the negative nature of the west block (A Block), in which the shallower parts of the volcanic-plutonic paleosystem have been preserved.

¹ Graduate Project.

²Industrial de Santander. Faculty of Physical and Chemical Engineering. Geology School. Director Ph D. Luis Carlos Mantilla Figueroa

INTRODUCCIÓN

Este documento es el resultado de una tesis de pregrado “modalidad investigación”, realizado en el marco de los investigadores que desarrolla el grupo de investigación MINPETGEO (Mineralogía, Petrografía y Geoquímica), adscrito a la Escuela de Geología de la UIS.

El objetivo de este estudio consistió comparar la composición mineralógica y las características petrográficas, en general entre los dos sectores de Macizo de Santander, aflorantes en Berlín (Tona), Curos (Piedecuesta) y Pescadero, separados por la Falla de Bucaramanga, pero cartografiados en base geológica previa como perteneciente al denominado Granito de Pescadero de serie alcalina). Considerando la distancia entre estos dos sectores y su afinidad con la litología, se decidió realizar el presente estudio comparativo, en aras de establecer posibles diferencia y similitudes las cuales pudieran servir y conocer mejor historia geológica

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer una comparación mineralógica – petrográfica y geoquímica entre los cuerpos graníticos de feldespato alcalino aflorantes en el sector de Curos (Piedecuesta), Pescadero y Berlín (Tona), denominados en la bibliografía como correlacionables con el Granito de Pescadero de edad (Terciaria – Jurasica).

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un esquema geológico de los sectores objeto de estudio con base en la cartografía existente y algunos controles puntuales de campo con el fin de visualizar la distribución espacial de estos cuerpos ígneos y su relación con las litologías encajantes.
- Realizar estudios mineralógicos - petrográficos y análisis geoquímicos para establecer diferencias y similitudes composicionales de los granitos de feldespato alcalino aflorantes en Curos, Pescadero y Berlín.
- Proponer un modelo del contexto geotectónico de emplazamiento de estos cuerpos ígneos, apoyados en diagramas geoquímicos propuestos para tal fin, en la bibliografía especializada.

2. METODOLOGÍA

El actual trabajo de investigación se orientó y desarrolló de manera esquemática en cinco fases, las cuales se enuncian y describen a continuación:

2.1. FASE DE OFICINA

Esta fase comienza con la recopilación y análisis de información existente del área de estudio tomada de: base de datos, mapas geológicos, fotografías aéreas como satelitales y artículos tomados de internet; esto con el fin de tener una idea de la geología regional y encaminar el desarrollo de la investigación. La búsqueda y recopilación de la información se realizó en las bibliotecas de la UIS y el INGEOMINAS (sede de Bucaramanga) y en la Base de Datos GEOREF de la Biblioteca UIS, fotografías aéreas del IGAC e imágenes satelitales tomadas de Google Earth y Nasa WorldWind.

2.2. FASE DE CAMPO

Esta fase consistió en un recorrido a lo largo de los municipios de Curos y Berlín; en los cuales se hizo reconocimiento de las unidades litológicas presentes centrándonos en el Granito de Pescadero (Según cartografía de Ward *et al.*, 1973), y las rocas que se encuentran en contacto con él.

Durante el desarrollo de esta fase se hicieron visitas a afloramientos expuestos a nivel de superficie, donde se tomaron datos estructurales, recogieron muestras de mano tratando que fueran lo más representativo posible y además que se encontraran con un bajo grado de alteración y compacta ya que se encuentra en una zona fallada, las muestras se extrajeron con la ayuda de un martillo posteriormente se procedió a ser marcada y empacada, se tomaron tamaños de aproximadamente 15x15cm con el fin de poder hacer todos los análisis respectivos, por último se llevó a cabo un protocolo de una libreta de campo, con una descripción de afloramiento, toma de fotografías utilizando una cámara digital SONY Cyber-Shot y un respectivo posicionamiento del lugar usando un GPS Garmin Etrex Vista.

2.3. FASE DE LABORATORIO

Esta fase consiste en la preparación de las muestras recolectadas durante la fase de campo y sus respectivos análisis de laboratorio con el propósito de obtener datos para resolver los objetivos del presente proyecto de investigación.

Las muestras recolectadas de la fase de campo se sometieron a análisis macroscópicos y microscópicos (petrografía), difracción de rayos x, fluorescencia de rayos x e ICP de masas, los cuales fueron realizados en laboratorios de la Universidad Industrial de Santander pertenecientes a la Escuela de Geología y Escuela de Ingeniería Química y ALS Minerals (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de petrografía, mineralogía y geoquímica efectuados a las muestras recolectadas en el área de estudio.

	Número de la muestra	Descripción macroscópica	Descripción microscópica	Difracción de rayos x	Fluorescencia de rayos x e ICP de masas
CUROS (A-1)	TEG-E1-001	X	X	X	X
	TEG-E1-002	X	X	X	
	TEG-E1-003	X	X	X	X
	TEG-E2-001	X	X	X	
	TEG-E2-002	X	X	X	
PESCADERO (A-2)	TEG-E3-001	X	X	X	X
	TEG-E3-002	X	X	X	
	TEG-E4-001	X	X	X	X
	TEG-E4-002	X	X	X	
BERLÍN (B)	TEG-E5-001	X	X	X	X
	TEG-E6-001	X	X	X	
	TEG-E6-002	X	X	X	X
	TEG-E7-001	X	X	X	

2.3.1. Descripción macroscópica

Durante esta descripción, las muestras no tuvieron ninguna preparación ya que es el primer análisis que se realiza, las muestras de mano se analizaron en el laboratorio de arcillas de la Universidad industrial de Santander perteneciente a la Escuela de Geología, utilizando un estereomicroscopio marca Carl Zeiss Jena; con el fin de describir componentes texturales y composicionales de las muestras recolectadas en campo.

2.3.2. Descripción microscópica (petrografía)

Para esta fase se realizaron estudios de petrografía en secciones delgadas, las muestras fueron preparadas previamente en el Laboratorio de preparación de muestras de la Escuela de Geología en la Universidad Industrial de Santander, el cual cuenta con el equipo e infraestructura necesaria para su elaboración.

La elaboración de las secciones delgadas se realizó de la siguiente manera:

- Respectivo corte de la muestra: el corte de la muestra se hace con la intención de buscar una superficie representativa de texturas y minerales de interés. El corte es realizado con la ayuda del laboratorista usando una cortadora Minosecar2 ROW-RATHENO (Ver Figura 1), a continuación se guarda la muestra en la estufa con el propósito de eliminar la humedad que pueda presentar (Ver Figura 2), después de unas horas en la estufa, la muestra se saca y se procede a cubrirle una cara con resina epoxica y de nuevo se guarda en la estufa hasta que seque.

Figura 1. Cortadora Minosecar 2 ROW-RATHENO. Laboratorio de preparación de muestras Escuela de Geología UIS.



Figura 2. Estufa marca ELCONAP. Laboratorio de preparación de muestras Escuela de Geología UIS.



- Desgaste: se realizó sobre una Pulidora desvastadora marca BUEHLER, (ver figura 3), usando un orden de abrasivos comenzando por los de mayor tamaño 320, 400, 600 y por ultimo para dar un acabado más uniforme y liso se usó 1000, (ver Figura 4) hasta obtener una superficie totalmente plana. Cabe decir que los abrasivos se van usando para ir eliminando superficies irregulares dejadas por el disco de la cortadora.

Figura 3. Pulidora desvastadora marca BUEHLER. Laboratorio de preparación de muestras Escuela de Geología UIS.



- Montaje del vidrio porta objeto: después de pulir la muestra y dejarla secar en la estufa por varias horas, se procedió a pegar el vidrio porta objetos, sobre la superficie pulida utilizando resina epoxica, posteriormente se procede a almacenarse nuevamente en la estufa aproximadamente por un día que es el tiempo que toma la resina en secarse bien.

Figura 4. Abrasivos.



- Ya por último la muestra se pule nuevamente por la cara cubierta con la resina usando en orden consecutivo los abrasivos de 320, 400, 600 y 1000; este paso es el más importante ya que se dará el grosor adecuado ($30\mu\text{m}$), lo que hace la sección delgada ideal para ser analizada por el microscopio de luz transmitida, para dar un mejor terminado a las secciones delgadas lo más recomendado es pulirlas con alúmina 1, 0.5 y 0.03 respectivamente en una Pulidora con paño, marca Montasupal (ver Figura 5), la cual se encuentra en el laboratorio de preparación de muestras de la Escuela de Geología, para después pegarle el vidrio cubreobjetos con resina epoxica.

Figura 5. Pulidora con paño, marca Montasupal. Laboratorio de preparación de muestras Escuela de Geología UIS.



- Ya en si el análisis de las secciones delgadas se realizó en el laboratorio de la Escuela de Geología en la Universidad Industrial de Santander, usando un microscopio de luz transmitida Nikon Eclipse E 200 (Figura 6), con la ayuda de este equipo se pudo realizar la descripción textural y composicional de las muestras recolectadas en la fase de campo.

Figura 6. Microscopio de luz transmitida NIKON ECLIPSE E200 50/POL con cámara y pantalla incorporada: Digital Sight DS-SM y Digital Sight DS-L1. Laboratorio de microscopía óptica, escuela de Geología, (UIS).



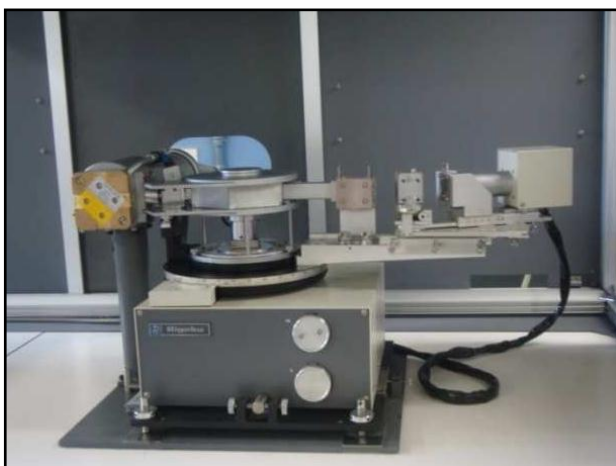
2.3.3. Difracción de rayos X

Con el propósito de identificar las fases mineralógicas presentes en las muestras recolectadas en la fase de campo, se efectuaron pruebas de difracción de rayos x (DRX), utilizando un difractómetro de polvo marca RIGAKU modelo D/MAX IIIB, del laboratorio de DRX de la Escuela de Química, Las especificaciones técnicas del equipo de difracción utilizado en el proceso son las mostradas en la Tabla 2.

Tabla 2. Especificaciones técnicas del equipo de difracción.

Voltaje	45 (KV)
Corriente	40 (mA)
Rendijas Soller	0.04 rad (incidencia y difracción)
Rendijas fijas	¼ y 1/8 (incidencia) y ¼ (difracción)
Muestreo	0.013° 2 theta
Rango de Medición	4-70° 2 theta
Radiación	CuK α 1
Filtro	Ni
Detector	Estado sólido, PIX con 255 canales activos
Tipo de barrido	Continuo
Tiempo de paso	59 seg

Figura 7. Difractómetro de Rayos X, modelo D/MAX IIIB. Laboratorio de Difracción de rayos X Escuela de Química UIS.



2.3.4. Fluorescencia de rayos X y espectroscopia de masas (ICP- MS)

Estos análisis de química elemental de elementos mayores, menores y trazas, fueron realizados en el laboratorio ALS Chemix, el cual se encuentra ubicado en Funza (Cundinamarca); la metodología que se aplicó en este estudio fue seleccionar estratégicamente 6 muestras representativas de los dos sectores de estudio con el fin de conocer la química mineral y poder realizar una buena comparación mineralógica de los granitos aflorantes en Curos y Berlín. Al laboratorio se enviaron muestras del tamaño aproximado del puño de la mano. Los elementos mayores y menores fueron analizados mediante espectroscopia de fluorescencia de rayos x, mientras que los elementos traza se analizaron mediante espectroscopia de masas (ICP-MS).

2.4. FASE DE INTERPRETACIÓN DE DATOS

Esta fase consistió en tomar todos los datos obtenidos de los diferentes análisis realizados a las muestras recogidas en la fase de campo y proceder a interpretarlos con el propósito comenzar a lograr los objetivos propuestos al comienzo de la investigación, generando resultados que me den bases fuertes a la hora de confrontarlos con hipótesis elaboradas en estudios anteriores. Para el tratamiento de los datos petrográficos y geoquímicos obtenidos, se usó un software IGPET 05, el cual está estructurado por Terra Softalcn. Con el cual es posible realizar diagramas de variación de Harker, diagramas triangulares AFM y diagramas de normalización tipo araña.

2.5. ELABORACIÓN Y SUSTENTACIÓN DEL INFORME FINAL

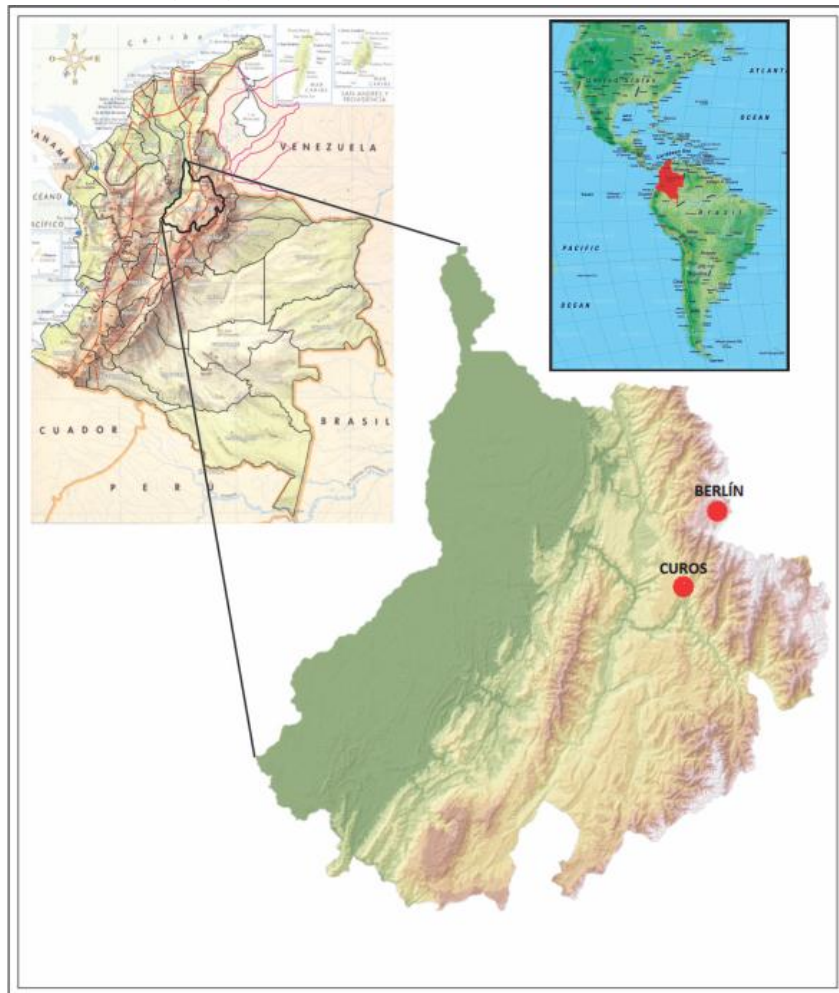
Esta fase consiste en cumplir con los protocolos de enviar el documento final a los directores del proyecto para su revisión y observaciones, en base las correcciones generadas se elabora el informe final el cual es presentado y sustentado a los calificadores.

3. GENERALIDADES DEL ÁREA DE TRABAJO

3.1. LOCALIZACIÓN

Las áreas de estudio se encuentran localizadas en el Macizo de Santander, el cual hace parte de la Cordillera Oriental, y en donde se localiza las zonas de Berlín (Tona), Cueros (Piedecuesta) y Pescadero, sitios donde se tomaron las muestras del Granito de feldespato alcalino, cuerpo ígneo objeto del presente estudio.

Figura 8. Localización geográfica del área de estudio. Colombia.



Fuente: http://www.santander.gov.co/asiessantander/mapas/mapa1_localizacion_geografica_santander_g.png

Con el fin de hacer una interpretación más ordenada se decidió dividir los sectores objeto de estudio con respecto a la Falla de Bucaramanga en:

- **Sector A.** Donde se encuentra Curos y Pescadero en la parte oeste de la Falla de Bucaramanga.
- **Sector B.** Donde se encuentra Berlín al costado este de la Falla de Bucaramanga.

Tabla 3. Relación de los sectores objeto de estudio, con respecto a la Falla de Bucaramanga.

Sector A.	Sector A-1.	Curos
	Sector A-2.	Pescadero
Sector B.	Berlín	

3.2. VÍAS DE ACCESO

Para llegar hasta el área estudiada donde afloran las rocas ígneas del sector de Curos se toma la vía Bucaramanga – Bogotá, la cual está ubicada en la parte sur de la ciudad pasando por los municipios de Floridablanca, Piedecuesta y posteriormente por Curos a aproximadamente 40 kilómetros del casco urbano; por otro lado, para llegar al área estudio del sector de Berlín se toma la vía Bucaramanga – Cúcuta a 63 kilómetros de la capital santandereana, la cual está ubicada al costado oriental de la ciudad.

Figura 9. Vías de acceso a las zonas objeto de estudio (Curos – Berlín).



Fuente: Google Maps, <http://maps.google.es/>

3.3. CLIMA Y VEGETACIÓN

El área de estudio ubicada en Curos - Pescadero, según la CDMB (Estudio básico para la declaratoria de un área natural protegida en el Cañón del Chicamocha – jurisdicción CDMB, 2009), presenta un clima tropical, determinado por las variaciones altimétricas, el relieve y su ubicación en la Zona de Confluencia Intertropical, la cual genera a su paso dos periodos húmedos y dos secos que se presentan intercalados a lo largo del año. Los vientos también son de gran importancia en el clima de la zona, debido a que por su efecto el aire cálido y húmedo proveniente del valle del Magdalena Medio asciende por los valles de los ríos Sogamoso y Chicamocha, influenciando la precipitación y la temperatura local.

Figura 10. Vista panorámica Curos. El cuadro indica la zona donde se tomaron las muestras para su posterior análisis.



La otra zona de estudio ubicada en Berlín (Tona), se encuentra a una altura que varía entre los 3.300 y 3.600 m.s.n.m. el área estudiada se encuentra a una altura entre los 3.368 y 3.472 m.s.n.m., la cual corresponde a una zona de paramo conocido como el Páramo de Berlín, el cual se caracteriza por presentar bajas temperaturas, que varían respecto al transcurso del día: en las noches -5°C y 16°C durante el día. La humedad relativamente es alta y los suelos ricos en materia orgánica pero pobres en nutrientes. La vegetación está representada por pastizales y plantas arroseteadas (por ejemplo: los frailejones). Durante el transcurso del año se registran bajas precipitaciones, con un mínimo de 600 mm y un máximo de 1.100 mm de agua. El sistema hídrico del área de estudio hace parte de dos zonas hidrográficas principales, la microcuenca del río Jordán y la microcuenca de la Quebrada Cuesta Boba; además comprende las Quebradas: Guariba, Pescadero, Ventanas y la Laguna Miguel (Suárez, C., *et al.*, 2008). El Páramo de Berlín presenta un modelamiento geomorfológico representado por una serie de colinas y valles predominantemente, con suelo en relieve ondulado (Figura 11).

Figura 11. Vista panorámica Paramo de Berlín.



4. ANTECEDENTES

Con el propósito de contextualizar geológicamente las áreas objeto de estudio, a continuación se presenta una síntesis de algunos aspectos relevantes para el presente trabajo, relacionados con la estratigrafía, con enfoque en los pulsos magmáticos y la tectónica del Macizo de Santander.

4.1. ESTRATIGRAFÍA

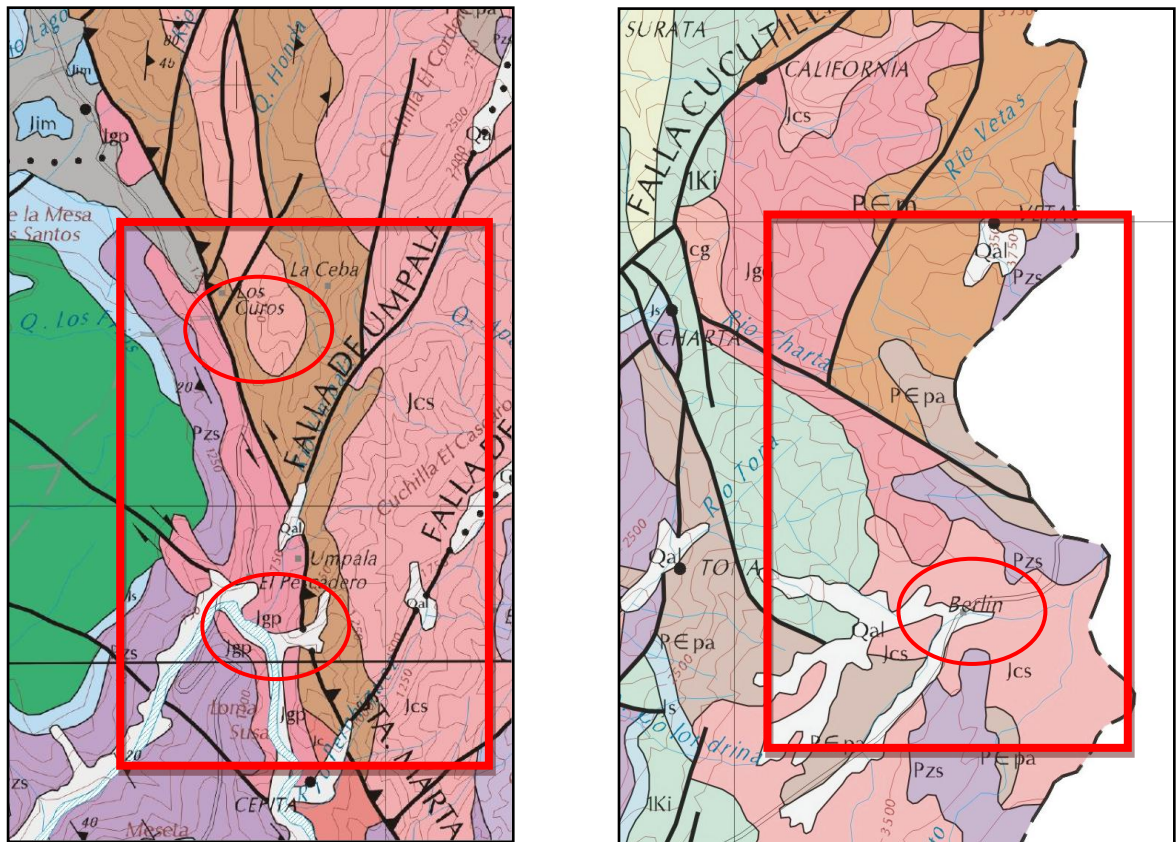
El Macizo de Santander se compone de rocas metamórficas afloradas en las formaciones: Neis de Bucaramanga, (estudiada por Restrepo *et al.*, 1997) la cual es considerada de edad Precámbrica, con condiciones metamórficas de facies anfibolita, generada durante la Orogenia Grenviliana; Formación Silgara, (estudiada por Ward *et al.*, 1973; García y Ríos, 1999; Castellanos *et al.*, 2004), a esta unidad se le atribuyen dos edades diferentes, la primera de ellas corresponde a la formación del protolito, considerado de edad Precámbrica, y la segunda, al metamorfismo de facies esquistos verdes o anfibolita baja, de edad Ordovícica; Ortoneis, esta unidad es considerada de edad Devónico Inferior a Ordovícico, intruye la formación Silgará y presenta composición granítica variando a tonalita y diorita (Ward *et al.*, 1973; Restrepo, 1995; Royero y Clavijo, 2001).

Las rocas ígneas están representadas en las siguientes unidades conformadas Complejo Ígneo Triásico-Jurásico conformado por el Grupo Plutónico de Santander (estudiado por Ward *et al.*, 1973, Goldsmith *et al.*, 1971, Polania *et al.*, 1980, Dorr *et al.*, 1995), del cual hacen parte las siguientes unidades: Granito de Pescadero, Batolito de Santa Bárbara, Cuarzomonzonita de la Corcova, Batolito de Rio Negro y Tonalita de Paramo Rico. Magmatismo del Cretácico Inferior, conformado por diques riolíticos y diabasas (Ward *et al.*, 1973) y magmatismo Terciario relacionado a cuerpos porfíricos y filones auríferos del área de California (Ward *et al.*, 1973; Mathur *et al.*, 2005; Mantilla *et al.*, 2009).

Las rocas sedimentarias se encuentran representadas por las unidades de edad Jurásica, de origen continental, dadas por las Formaciones Jordán y Girón, y unidades Cretácicas de origen Marino, las cuales están representadas en las cuencas del Valle Medio del Magdalena y del Catatumbo. (Ward *et al.*, 1973, Clavijo y Royero, 2001).

Por último se encuentran los sedimentos recientes compuestos por depósitos no consolidados de origen fluvial y aluvial en abanicos, terrazas y derrubios glaciares (Clavijo y Royero, 2001).

Figura 12. Esquema geológico del área de estudio.



Fuente: Geología del Departamento de Santander. Tomado de INGEOMINAS (1999).

Granito de Pescadero

Según CDMB (2009), está unidad se encuentra dominada por un granito leucocrático, de grano fino, llamado así por la existencia de afloramientos en la zona de Pescadero. Corresponde a una roca ígnea intruída entre el Triásico y el Jurásico, de textura porfirítica a fanerítica, con presencia de algunos diques de grano muy grueso tipo pegmatita y otros de grano muy fino de tipo riolita; su color

es rosado a naranja debido a la riqueza de feldespatos potásicos rosados, cuarzo y mica biotita; la pegmatita contiene moscovita en láminas grandes.

Constituye un plutón alargado de forma algo irregular, ubicado al oeste de la falla de Bucaramanga, donde se encuentra en estado fresco; intruye a la formación Silgará y sus fragmentos hacen parte del conglomerado basal de la formación Jordán. Sus rocas meteorizan formando un suelo gravo arenoso poroso de color claro, muy superficial. Localmente aflora a lo largo de la vía Bucaramanga - San Gil, estando controlada al oriente por la falla de Umpalá. En la localidad de Berlín se reconocen dos masas en forma de plug del Granito de Pescadero hacia el sur de Berlín cortando la cuarzomonzonita de Santa Bárbara y las rocas metasedimentarias en el noroeste del cuadrángulo H-13 (Ward *et al.*, 1973).

4.2. TECTÓNICA

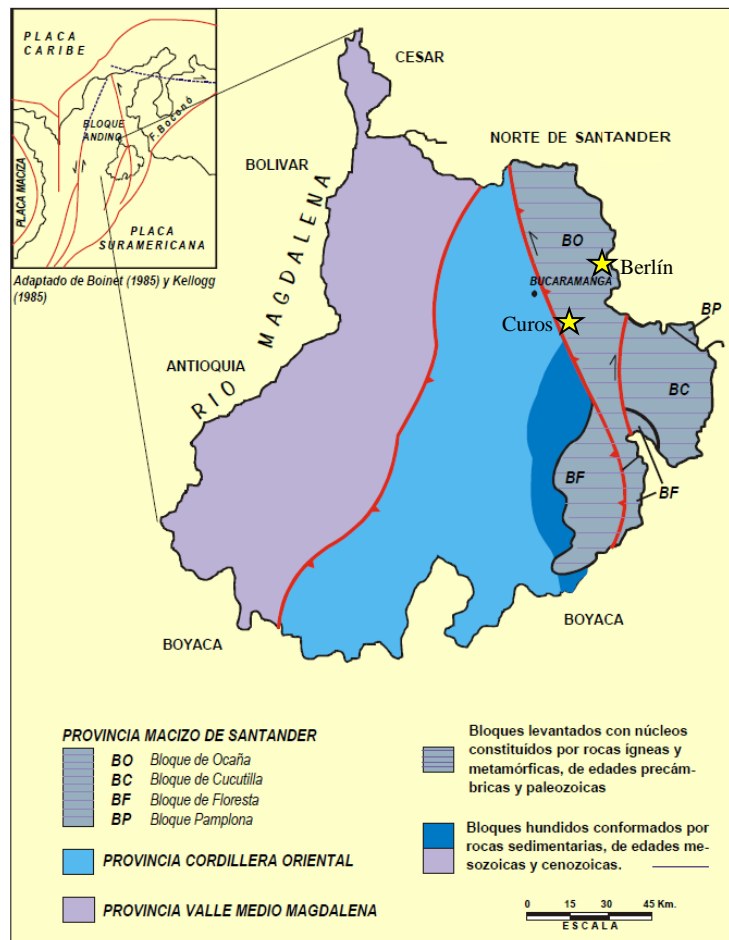
La zona de estudio se encuentra localizada en el departamento de Santander el cual hace parte de una región tectónica compleja y dinámica, justamente en la zona de influencia entre los límites de las placas tectónicas del Caribe y la Suramericana, conocida como bloque Andes del Norte o bloque Norandino. Localmente, el área de estudio pertenece a las provincias tectónicas “Cordillera Oriental” y “Macizo de Santander” y está enmarcada por numerosas fallas que ejercen un control estructural a los principales ríos y quebradas que la surcan, todas ellas pertenecientes al Sistema Bucaramanga - Santa Marta.

Para la caracterización tectónica del territorio de Santander se ha subdividido en tres provincias tectónicas como son la del Macizo de Santander, que está conformada por los bloques de Floresta, Cucutilla, Pamplona y de Ocaña; la del Valle Medio del Magdalena, y la de la Cordillera Oriental, de conformidad con el esquema tectónico, presentado por Clavijo, *et al.*, (1993). En la Figura 13 se muestra el esquema tectónico que ha sido considerado para el Departamento de Santander; siendo el Bloque Ocaña el de interés por ser donde se localizan los sitios del presente estudio.

El Bloque Ocaña se caracteriza tectónicamente por presentar un estilo estructural de fallamiento en bloques menores, separados por fallas inversas de dirección predominantemente SW-NE. Se presenta como un bloque levantado, que ocupa el sector nororiental del departamento; las fallas que tienen relación con las rocas

estudiadas son la Falla Bucaramanga-Santa Marta, Falla Cucutilla, Falla Río Umpalá y Falla Río Perchiquéz. (Figura 14).

Figura 13. División tectónica del departamento de Santander, localización del área de estudio dentro del Bloque de Ocaña, provincia Macizo de Santander.



Fuente: Mapa Generalizado del Departamento de Santander, Tomado de Memoria Explicativa, INGEOMINAS (2001).

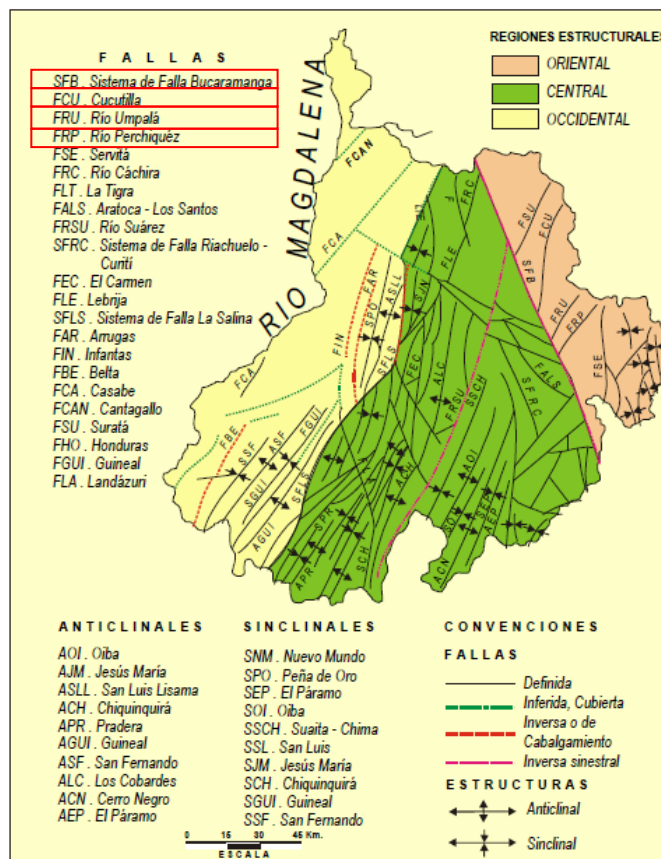
Falla de Bucaramanga-Santa Marta

Es el rasgo estructural más evidente y de gran extensión que cruza la región centro-oriental del Departamento de Santander, en dirección aproximada N20°W y cuyo trazo rectilíneo se expresa claramente en imágenes de satélites y fotografías

aéreas. Es considerada un sistema de fallas de rumbo (Campbell, 1965; León, 1991; Vargas y Niño 1992; Clavijo, *et al.*, 1993), con movimiento sinistral, cuyo desplazamiento es calculado por Campbell (1965) en unos 100 a 110 km; tiene una componente vertical importante, según Julivert (1958), Ward, *et al.*, (1973), París y Sarria (1988), Royero (1994), que hace que esta falla se comporte en algunos sectores como inversa.

La historia geológica de la Falla Bucaramanga- Santa Marta es bastante compleja y en cuanto a la edad máxima de su actividad tectónica, se puede establecer que es posterior al Neis de Bucaramanga; es decir, se encuentra cortado por esta falla en los sectores entre Río de Oro (Cesar) y El Carmen (Norte de Santander) dentro de la Plancha 76, Ocaña (Daconte y Salinas, 1980). Boinet, *et al.*, (1989) considera que durante el Cretácico inferior hasta el Paleoceno no hubo actividad tectónica de la falla; además los mismos autores, señalan que la importancia de la mayor actividad de esta falla es el desplazamiento de rumbo sinistral, el cual ocurrió a partir del Mioceno superior, simultáneamente con la Orogenia Andina (Royero y Clavijo 2001).

Figura 14. Esquema estructural del Departamento de Santander. Clavijo, et; al. (1993).



Fuente: Mapa Generalizado del Departamento de Santander, Tomado de Memoria Explicativa, INGEOMINAS (2001).

5. RESULTADOS

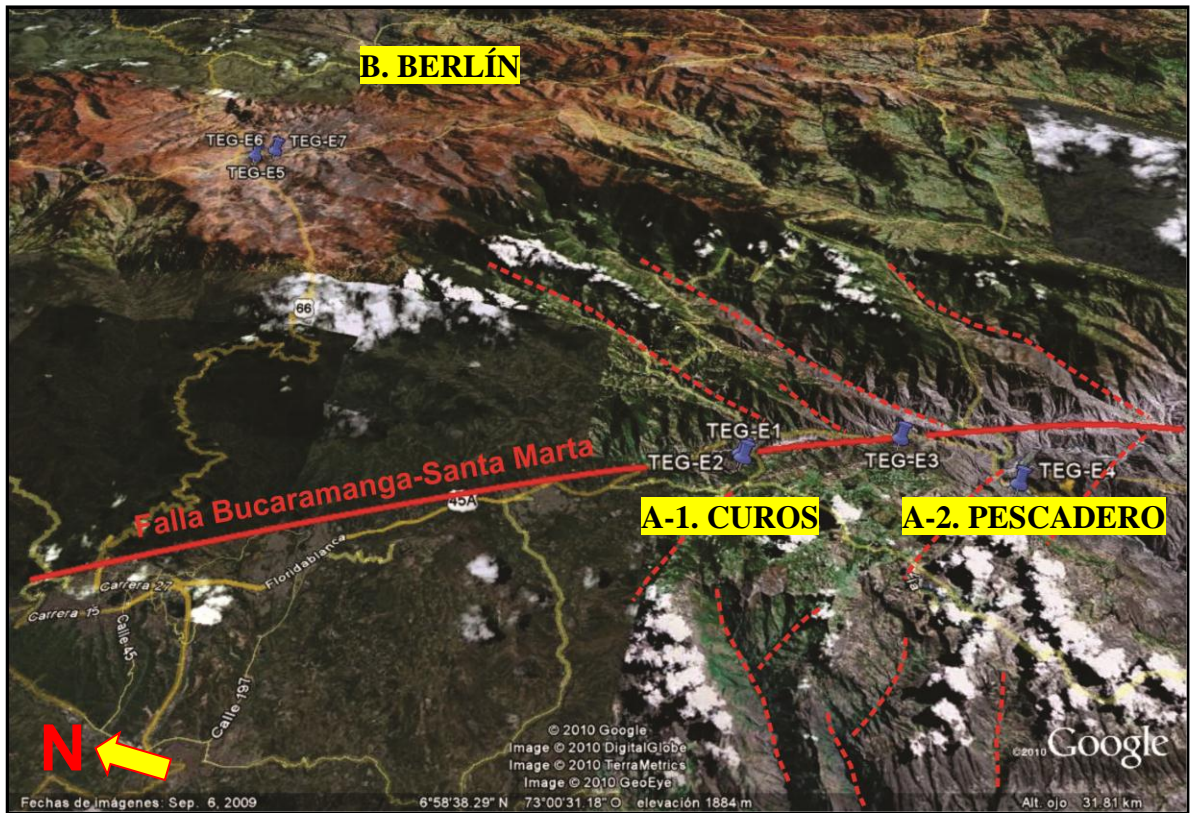
5.1. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ROCAS GRANÍTICAS EN LOS SECTORES OBJETO DE ESTUDIO

Las dos áreas de estudiadas para el presente estudio comparativo, se localizan en A. Curos - Pescadero y B. Berlín. En ambos sectores aflora el Granito Rosado de Pescadero, según la cartografía geológica de Ward *et al.*, (1973). Con el fin de cubrir la mayor área posible con la toma de muestras, se realizaron dos salidas de campo, la primera realizada al Sector A. donde se ubican los sectores de Curos y Pescadero los cuales se encuentran hacia el costado oeste de la Falla de Bucaramanga; la segunda realizada en el Sector B. donde se localiza Berlín el cual se encuentra hacia la parte este con respecto a la Falla de Bucaramanga. La relación de las estaciones con sus respectivas coordenadas y sectores se encuentran en la Tabla 4. y la ubicación espacial con respecto a la Falla de Bucaramanga se encuentra en la Figura 15.

Tabla 4. Relación de estaciones con sus respectivas muestras y coordenadas.

Estación	Coordenadas X - Y	Muestra	Tipo de roca	Localidad	Sector
1	1'257.045 1'117.218	TEG-E1-001	Granito	Curos	A-1.
		TEG-E1-002	Riolita porfirítica		
		TEG-E1-003	Riolita porfirítica		
2	1'257.142 1'117.426	TEG-E2-001	Granito	Curos	
		TEG-E2-002	Granito		
3	1'250.492 1'120.066	TEG-E3-001	Granito	Pescadero	A-2.
		TEG-E3-002	Vena de cuarzo		
4	1'245.700 1'118.429	TEG-E4-001	Riolita porfirítica	Pescadero	
		TEG-E4-002	Pegmatita		
5	1'285.803 1'133.354	TEG-E5-001	Granito	Berlín	B.
6	1'284.945 1'134.135	TEG-E6-001	Granito	Berlín	
		TEG-E6-002	Granito		
7	1'284.901 1'134.035	TEG-E7-001	Aplita	Berlín	

Figura 15. Distribución espacial de las estaciones hechas en los recorridos a campo con respecto a la Falla de Bucaramanga.



Fuente: de Google Earth.

5.2. DESCRIPCIÓN MEGA Y MACROSCÓPICA DE LAS ROCAS GRANÍTICAS

Con el propósito de definir el significado de los conceptos que serán utilizados en este apartado se presenta a continuación un breve resumen de algunos de estos conceptos (Ver a continuación las consideraciones preliminares).

Según artículo tomado en internet, las rocas ígneas se forman por la cristalización del magma. El magma es una mezcla natural fundida de materiales petrogenéticos en solución mutua (principalmente silicatos) y algunos volátiles (a menudo vapor de agua) que se mantiene en solución por la acción de la presión; en otras palabras roca ígnea es aquella que ha solidificado a partir de sustancias fundidas del interior de la tierra.

Según el modo de presentarse las rocas ígneas o magmáticas en la superficie y en la corteza terrestre se distinguen dos grandes tipos:

- **Las rocas extrusivas, efusivas o volcánicas:** originadas por el rápido enfriamiento de los magmas que llegan a la superficie terrestre en los procesos volcánicos; se distinguen:
 - ✓ Lavas: masas magmáticas parcialmente desgasificadas, que dan lugar a las coladas, domos, pitones, lavas almohadilladas.
 - ✓ Piroclásticos: fragmentos que caen en estado sólido en las zonas próximas a los volcanes y que incluyen cenizas, lapillo y bombas volcánicas.

- **Las rocas intrusivas:** originadas a partir del magma que se ha enfriado y solidificado en el interior de la corteza, llegan a la superficie terrestre mediante procesos orogénicos (deformaciones tectónicas) o mediante procesos externos de erosión o denudación. Se distinguen dos tipos:
 - ✓ Rocas plutónicas: cuya forma de afloramiento característico es el plutón, cuerpo intrusivo de grandes dimensiones, de geometría muy diversa y que ocupa los núcleos de los orógenos; entre otras, incluye las rocas graníticas.
 - ✓ Rocas hipoabisales, subvolcánicas o filonianas: Que se presentan en forma de filones o diques (roca ígnea intrusiva discordante en forma tabular), rellenando grietas. Son mucho menos abundantes que las plutónicas y se encuentran casi siempre, asociadas a ellas en los grandes plutones; incluye las pegmatitas, las aplitas, los porfidos y lamprofidos.

Criterios textuales utilizados para describir y clasificar las rocas magmáticas

La textura de una roca es una de las características microscópicas y macroscópicas definidas por la forma, el tamaño y las relaciones espaciales de los diferentes componentes mineralógicos. La textura refleja la historia de la cristalización del magma hasta llegar a formar la roca ígnea o magmática. La textura de una roca magmática depende de las propiedades fisicoquímicas del magma, de la presión litostática a que está sometido, de la rapidez del enfriamiento y de su comportamiento estático o dinámico. Para definir de forma adecuada una textura hay que describir primero la forma de los cristales, el

tamaño de estos y el grado de cristalinidad. Para ello se aplican los siguientes criterios:

Tamaño absoluto de los granos minerales (o granulidad)

Se distinguen rocas:

Fanerítica: es la que los cristales minerales son perceptibles a simple vista.

Porfirítica: combinación de minerales visibles y no visibles.

Afanítica: en la que los granos minerales no son perceptibles a simple vista.

Vítrea: en la que no aparecen granos minerales cristalizados, sino materia amorfa; en otras palabras, que tiene aspecto de vidrio generalmente oscuro.

Piroclásticas: aquellas que contienen poros.

En el área de trabajo la unidad litológica es el cuerpo ígneo intrusivo denominado Granito de Pescadero (Ward *et. al.*, 1973). Este cuerpo corresponde a un granito leucocrático, rosado naranja y tonos grisáceos, de grano fino, su nombre se debe a los afloramientos estudiados en la localidad de Pescadero. Constituye un plutón de forma irregular, ubicado al oeste de la Falla de Bucaramanga en Curos, este mismo cuerpo aflora sobre la carretera que de Berlín conduce al Topón, a la altura del Cerro el Encenillo en Berlín. Se reconocen el Granito de Pescadero hacia el sur de Berlín cortando la cuarzomonzonita de Santa Bárbara (Ward *et. al.*, 1973).

Según (INGEOMINAS 2001), mineralógicamente presenta albita o plagioclasa sódica, la ortoclasa, la micropertita y el cuarzo están presentes desde cantidades casi iguales hasta una relación 40 a 25 del feldespato potásico a la plagioclasa, los minerales accesorios son escasos, generalmente en porcentajes menores al 5% de óxidos de hierro, moscovita, biotita, zircón y apatito.

5.2.1. SECTOR A (CUROS – PESCADERO)

La primera salida a campo se realizó de Curos a Pescadero, con el producto de 4 estaciones, ubicadas estratégicamente con el fin de cubrir la mayor parte de la zona de estudio.

Las dos primeras estaciones se ubicaron en la carretera que de Curos comunica con el municipio de los Santos; donde se encontró un granito de color rosado grisáceo de grano fino a medio 1mm a 3mm, equigranular compuesto por cuarzo,

feldespato potásico, plagioclasa y como minerales accesorios moscovita y óxidos, que se encuentra inyectado por un dique de riolita de composición similar al granito pero de textura porfirítica, el cual actuó como un generador de calor produciendo fenómenos de silicificación entorno a la masa del dique (Figura 16), lo cual me indica que en el momento de entrar el dique al cuerpo granítico, expulso agua. Además en algunas partes el granito es atravesado por pequeñas venas de textura pegmatítica las cuales no superan los 2 centímetros de espesor y vetillas de 1mm a 2mm de cuarzo (Figura 17). Estructuralmente se reconocen varias familias de diaclasas lo que me indica un alto grado de fracturamiento.

Figura 16. Aspecto del Granito de Pescadero localizado en Cueros y dique de riolita porfirítica.

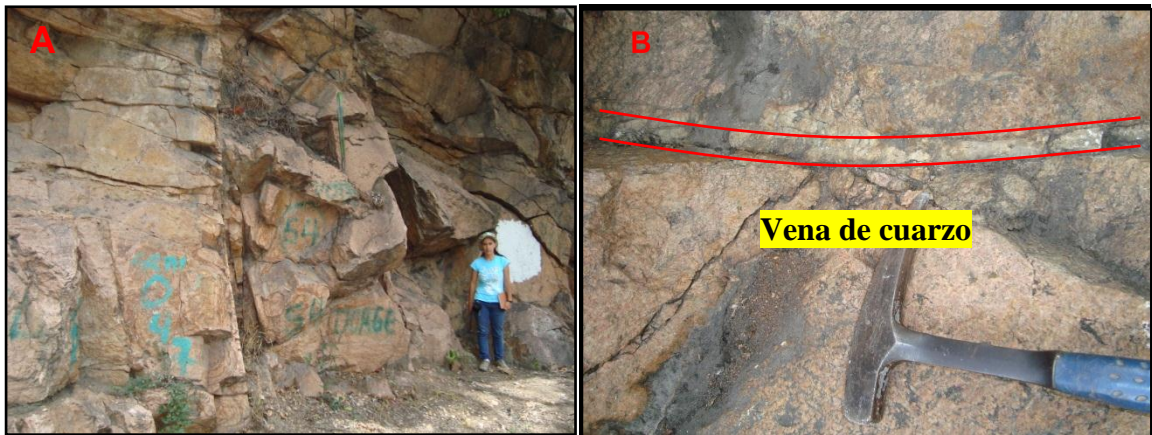


En el sector de Pescadero se encuentra un granito de grano grueso inequigranular, color naranja rojizo, de textura fanerítica, composicionalmente presenta como minerales principales cuarzo, ortocasa, plagioclasa y anfíbol alterando a clorita, asimismo este cuerpo se encuentra afectado por venas de cuarzo de aproximadamente 4cm a 5cm de espesor y cuerpos pegmatíticos. Cruzando el Puente de Pescadero, se encuentra una riolita porfírica la cual se encuentra en contacto con un cuerpo pegmatítico.

Figura 17. A) Fotografía tomada a muestra de mano estación TEG-E2-001, la cual se observa la vena de textura pegmatita. **B)** Muestra TEG-E2-002, en la cual se observan pequeñas vetillas de aproximadamente 1mm a 2mm de tamaño.

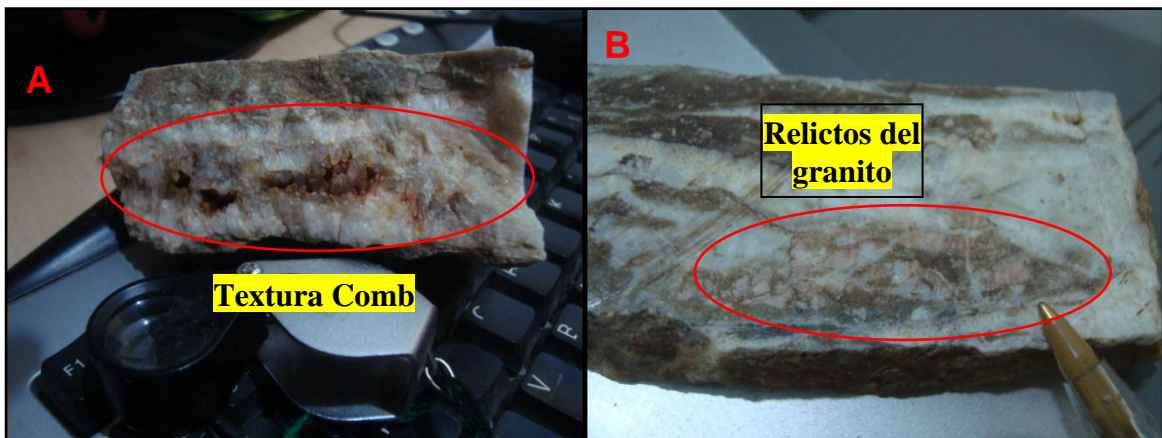


Figura 18. A) Aspecto del Granito de Pescadero localizado en Pescadero. **B)** Vena de cuarzo cortando el granito.



La muestra de vena de cuarzo (TEG-E3-002) tomada en la estación 3 (Figura 15), presenta características las cuales se ven reflejadas en el análisis de DRX, el cual arrojó un porcentaje en fases minerales correspondientes al granito (Tabla 5), debido a que la vena de cuarzo presenta relictos del granito (Figura 19), otra característica observada en la vena es el hábito en el que se presenta los cristales de cuarzo, la vena presenta una textura comb, conocida también como diente de perro lo cual indica un enfriamiento lento del fluido y que hubo suficiente espacio para dejar cristalizar los cuarzos.

Figura 19. Fotografía de la vena de cuarzo de textura comb, con hábito de los cristales de cuarzo en forma de diente de perro, y relictos del granito dentro de la misma.



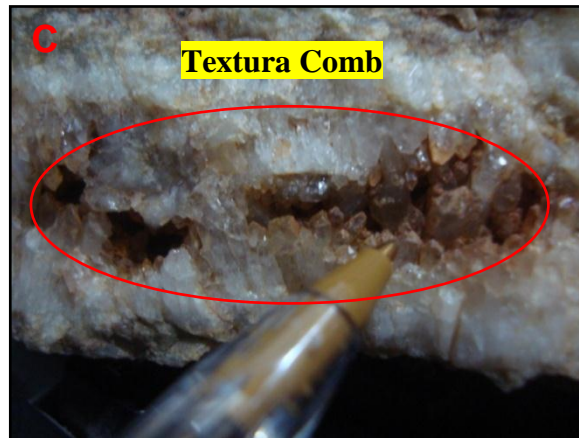


Tabla 5. Resultados obtenidos de DRX en la muestra de vena de cuarzo mostrando las fases minerales presentes.

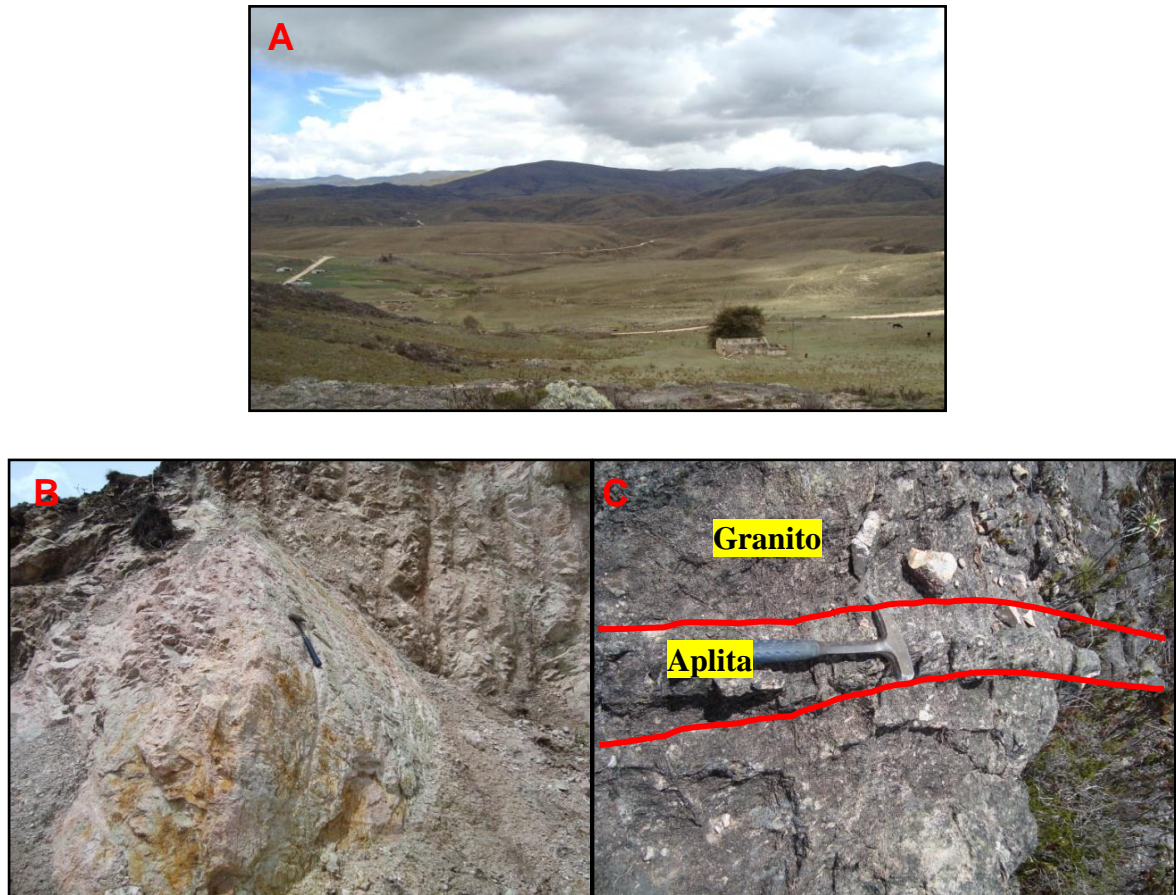
PESCADERO		
Fase mineral	Formula	Porcentaje
Cuarzo	Si O_2	66.9 %
Ortoclasa	$\text{K (Al, Fe) Si}_2 \text{ O}_8$	6.7 %
Albita	$\text{Na (Al Si}_3 \text{ O}_8)$	5.9 %
Moscovita	$\text{K Al}_2 (\text{ Si, Al })_4 \text{ O}_{10} (\text{ OH })_2$	15.0 %
Illita	$(\text{ K, H}_{30}) \text{ Al}_2 (\text{ Si}_3 \text{ Al }) \text{ O}_{10} (\text{ OH })_2 \cdot \text{X H}_2\text{O}$	N.C
Clorita	$(\text{ Mg}_{11.06} \text{ Fe}_{0.94}) ((\text{ Si}_{5.22} \text{ Al}_{2.78}) \text{ O}_{20} (\text{ OH })_{16})$	N.C

5.2.2. SECTOR (B) BERLÍN

El Granito de Pescadero objeto del presente estudio que aflora en Berlín se ubica sobre en el carretable que de Berlín conduce a Baraya a 1,8 kilómetros de la vía principal, este granito es de textura fanerítica de grano medio de 2mm a 4mm, color rosado grisáceo con tonalidades verdosas y naranjas, esta último al parecer debido a procesos de alteración supergénicas; composicionalmente presenta como minerales principales cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y como accesorios se observa moscovita, epidota y óxidos, este cuerpo esta intruyendo la Cuarzomonzonita de Santa Barbara. Además se encuentra afectado por vetillas de

cuarzo de aproximadamente 2mm de espesor y de aplita en dirección 278/88. Geomorfológicamente el cuerpo se encuentra sobre una altiplanicie.

Figura 20. **A)** Fotografía panorámica de la geomorfología de altiplanicies de Berlín. **B)** Aspecto del Granito de Pescadero localizado en Berlín. **C)** Vena de aplita cortando al granito.



Según lo visto en campo se puede comenzar a encontrar similitudes en los sectores de Pescadero y Berlín ya que presentan un tamaño textural de grano superior al de Curos, con respecto a los porcentajes mineralógicos no se puede tener una clara diferencia ya que los tres sectores presentan porcentajes muy cercanos, dado solamente con la presencia de hornblenda alterando a clorita encontrada en el sector A-2 en Pescadero.

5.3. DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE LAS ROCAS GRANÍTICAS

En este apartado se muestra el análisis petrográfico de nueve secciones delgadas (Tabla 6); todas pertenecientes al cuerpo ígneo de interés. El objetivo de este análisis es determinar las características texturales y mineralógicas de estas rocas y con ello ayudar a conocer las diferencias y similitudes tanto composicionalmente y texturalmente. El análisis modal se llevó a cabo mediante conteo de puntos.

Tabla 6. Relación de las secciones delgadas con respecto al sector.

Sector	Localidad	Tipo de muestra	Sección delgada
A	Curos (A-1)	Granito	TEG-E1-001
			TEG-E2-001
			TEG-E2-002
	Pescadero (A-2)	Riolita porfirítica	TEG-E1-002
			TEG-E1-003
			TEG-E3-001
B	Berlín (B)	Granito	TEG-E4-001
			TEG-E5-001
			TEG-E6-001

5.3.1. CUROS (SECTOR A-1)

Debido a que en el sector de Curos tenemos dos tipos de roca una fanerítica y otra porfirítica, se va hacer la descripción por separado.

Granito de textura fanerítica TEG-E1-001, TEG-E2-001 y TEG-E2-002

Las muestras del sector son holocristalinas de textura fanerítica inequigranular de tamaño de fino a medio, los cristales presentan bordes irregulares predominando la forma subhedral a anhedral, texturalmente se reconocieron la poiquilítica que se refiere a inclusiones de minerales accesorios en minerales principales esto se da por pequeños cristales de apatito incluidos dentro de cristales de feldespato y ocasionalmente en cuarzos, kelifítica que son bordes reaccionales en algunos minerales.

Específicamente la muestra TEG-E2-001 y TEG-E2-002, presentan texturas locales como la micrográfica (Figura 21 y 22). Según (López y Bellos, 2006), la composición en la textura grafica es frecuentemente más rica en feldespato que en cuarzo, como consecuencia de que el feldespato comienza a cristalizar antes. Así, el feldespato se nuclea más fácilmente que el cuarzo y esto causa que el líquido se sobresature en SiO₂ a la vez que se enriquece en H₂O y se origina un sobre enfriamiento. Como consecuencia de ello, comienza la cristalización del cuarzo simultáneamente con la del feldespato, que había comenzado antes y continúa haciéndolo, dando lugar a la formación de la textura gráfica. La textura gráfica es entonces un producto de una cristalización subsolvus a alta presión de H₂O que se produce en presencia de abundante fluido, dándole al cuarzo una geometría esquelética, además se presenta en forma cuneiforme.

Tabla 7. Composición mineralógica modal de las rocas faneríticas de Curos.

FASE MINERAL	PORCENTAJE	ETAPA MAGMÁTICA	ETAPA HIDROTHERMAL	ETAPA SUPÉRGENA
Cuarzo	32 - 35%	=====		
Feldespato potásico	28 - 32%	=====		
Plagioclasa	26 - 28%	=====		
Moscovita	6 - 7%	=====		
Opacos	2 - 4%	=====		
Apatito	1%	=====		
Caolinita*	1.9% - 7.8%		=====	
Calcita*	0.9% - 1.0%		=====	
Illita*	N.C		=====	
Halloisita*	N.C		=====	

*Minerales identificados mediante DRX, los cuales se presentan en detalle, en el apartado 6.

TEG-E1-001, TEG-E2-001 y TEG-E2-002

Cuarzo: Individuos, incoloros, con birrefringencia de grises de primer orden, de relieve bajo. Se presentan de forma subhedrales a anhedrales, anisotrópico-uniaxial, de tamaño de grano medio a fino (0,4mm – 1,0mm), esta homogéneamente distribuido por toda la sección. Algunos de estos cristales manifiestan intercrecimiento sobre el feldespato potásico formando así las texturas, gráfica y cristales de cuarzos esqueléticos y cuneiformes.

Feldespato potásico:

Ortoclasa: Individuos incoloros de aspecto sucio, con birrefringencia de grises de primer orden, de relieve bajo, subhedrales a anhedrales. Anisotrópico-biaxial, de tamaño de grano medio a fino (0,4mm – 1,1mm), esta homogéneamente distribuido por toda la sección. Se observan algunos cristales con alteración a caolinita.

Sanidina: Individuos incoloros muy escasos, con birrefringencia de grises de primer orden, de relieve bajo, subhedrales cristales de hábito tabular. Anisotrópico-biaxial, de tamaño de grano grueso (0,6mm – 1,5mm), con macla de Carlsbad, su distribución por la sección es heterogénea. Se observa con alteración a caolinita.

Caolinita: Se observa como un agregado mineral producto de la alteración del feldespato potásico, incolora con birrefringencia que varía entre amarillos y grises de primer orden, de relieve bajo y tamaño de grano muy fino (0,03mm).

Plagioclasa: Individuos incoloros, con birrefringencia de grises de primer orden, subhedrales de hábito alargado con bordes irregulares a rectilíneos. Anisotrópico-biaxial de relieve bajo, tamaño de grano medio (0,4mm – 0,8mm). Presenta maclado tipo Albita y tipo Carlsbad, está en contacto con el cuarzo el feldespato. Está heterogéneamente distribuida por toda la placa. Presenta inclusiones ocasionales de cuarzo y óxidos.

Sericita: Agregado mineral producto de la alteración de la plagioclasa, incolora con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Anisotrópico-biaxial de relieve bajo y tamaño de grano muy fino (0,03mm).

Moscovita: Individuos, con birrefringencia que varía entre amarillos de segundo orden hasta amarillos de primer orden, anhedrales. Anisotrópico- biaxial de relieve

bajo, exfoliación en una dirección y tamaño de grano medio a fino (0,3mm – 1,3mm). Se observa oxidación ocasional desde los bordes hacia el centro del cristal a manera de parches. Está heterogéneamente distribuida en la placa.

Minerales opacos: Individuos anhedrales, con bordes irregulares, se encuentra distribuido heterogéneamente en la sección, tamaño de grano fino (0,2mm – 0,3mm).

Apatito: Individuos, muy pequeños (0,04mm), incluidos dentro de feldespatos y ocasionalmente en cuarzo.

Figura 21. A. y B. Muestra TEG-E2-001, donde se observa la geometría esquelética del cuarzo, lo que evidencia de la textura gráfica. Microfotografía tomada con objetivo de 5x. **A)** Luz polarizada. y **B)** Luz plana no analizada.

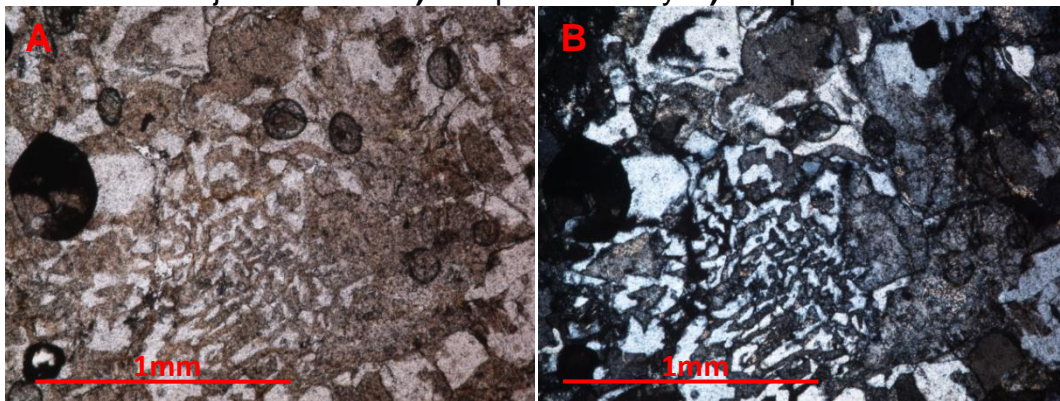
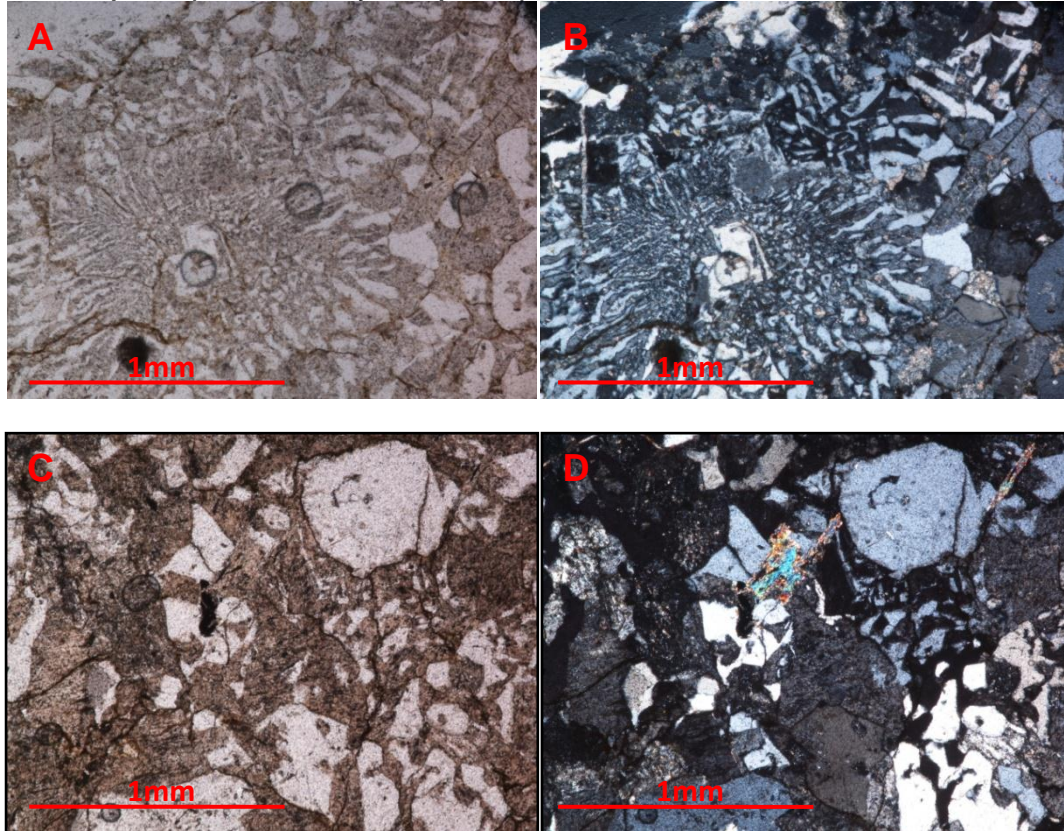


Figura 22. A. y B. Muestra TEG-E2-002, donde se observa el intercrecimiento de cuarzo en un cristal de feldespato potásico. **C. y D.** Geometría esquelética del cuarzo, lo que evidencia la textura gráfica. Microfotografía tomada con objetivo de 5x. **A-C)** Luz polarizada. y **B-D)** Luz plana no analizada.



Riolita porfirítica TEG-E1-002, TEG-E1-003

El dique al en el cual se tomaron las muestras TEG-E1-002 y TEG-E1-003, se caracterizan por ser holocristalinas de textura porfirítica inequigranular, el mayor contenido de fenocristales está dado por cuarzo, seguido del feldespato potásico, plagioclasa y moscovita. Los minerales secundarios son la sericita y la caolinita producto de la alteración de las plagioclasas y los feldespatos potásicos. A su vez se observa que muchos fenocristales de plagioclasa y feldespato potásico reaccionando con la matriz.

Texturalmente se observan fenocristales de cuarzo con bordes rectilíneos e irregulares con embahiamiento esto debido reabsorción posiblemente por la

reacción del cuarzo con la matriz (Figura 23), se reconoce por la forma circular que deja la reacción en los fenocristales de cuarzo.

Los fenocristales de feldespato potásico se dan como individuos de forma subhedral, ocasionalmente estos fenocristales presentan diferentes niveles de alteración a caolinita y se encuentran distribuidos homogéneamente en toda la sección.

Los fenocristales de plagioclasa se dan como individuos de forma alargada y bordes irregulares, presentan el maclado característico tipo albita - Carlsbad. Estos fenocristales de plagioclasa se encuentra distribuidos en toda la sección y en su gran mayoría presentan un alto grado de sericitización.

La matriz de estas rocas muestra una textura afanítica cuya composición debe ser similar a la de los fenocristales, dado que en los análisis de difracción de rayos x DRX, no se evidencian especies mineralógicas diferentes.

Tabla 8. Composición mineralógica modal de las rocas porfíricas de Curos.

FASE MINERAL	PORCENTAJE	ETAPA MAGMÁTICA	ETAPA HIDROTHERMAL	ETAPA SUPÉRGENA
Cuarzo	33 - 35%	=====		
Feldespato potásico	22 - 25%	=====		
Plagioclasa	26 - 29%	=====		
Moscovita	13 - 15%	=====		
Opacos	2 - 3%	=====		
Caolinita*	7.7 %		=====	
Illita*	N.C		=====	

*Minerales identificados mediante DRX, los cuales se presentan en detalle, en el apartado 6.

TEG-E1-002, TEG-E1-003

Cuarzo: Individuos incoloros de bajo relieve se manifiestan a nivel de fenocristal; se presenta de dos diferentes formas en toda la sección:

- La primera son fenocristales los cuales varía su forma de anhedral a subhedral, su relieve es bajo, tamaño de grano medio (0,4mm – 0,8mm), y su birrefringencia se encuentra en los grises de primer orden.
- La segunda son cristales que presentan embahiamiento, el tamaño de grano es de medio a grueso (0,9mm – 1,3mm).

Plagioclasa: Fenocristales de tamaño de grano medio a grueso (0,6mm – 1,4mm), incoloros, con birrefringencia que varía entre grises de primer orden, subhedral de hábito alargado con bordes irregulares a rectilíneos. Anisotrópico-biáxico de relieve bajo. Presenta maclado tipo albita y tipo Carlsbad, embebidas en una matriz afanítica, ocasionalmente están en contacto con el cuarzo y la ortoclasa.

Sericita: Agregado mineral producto de la alteración de la plagioclasa, incolora con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Anisotrópico-biáxico de relieve bajo y tamaño de grano fino (0,03mm).

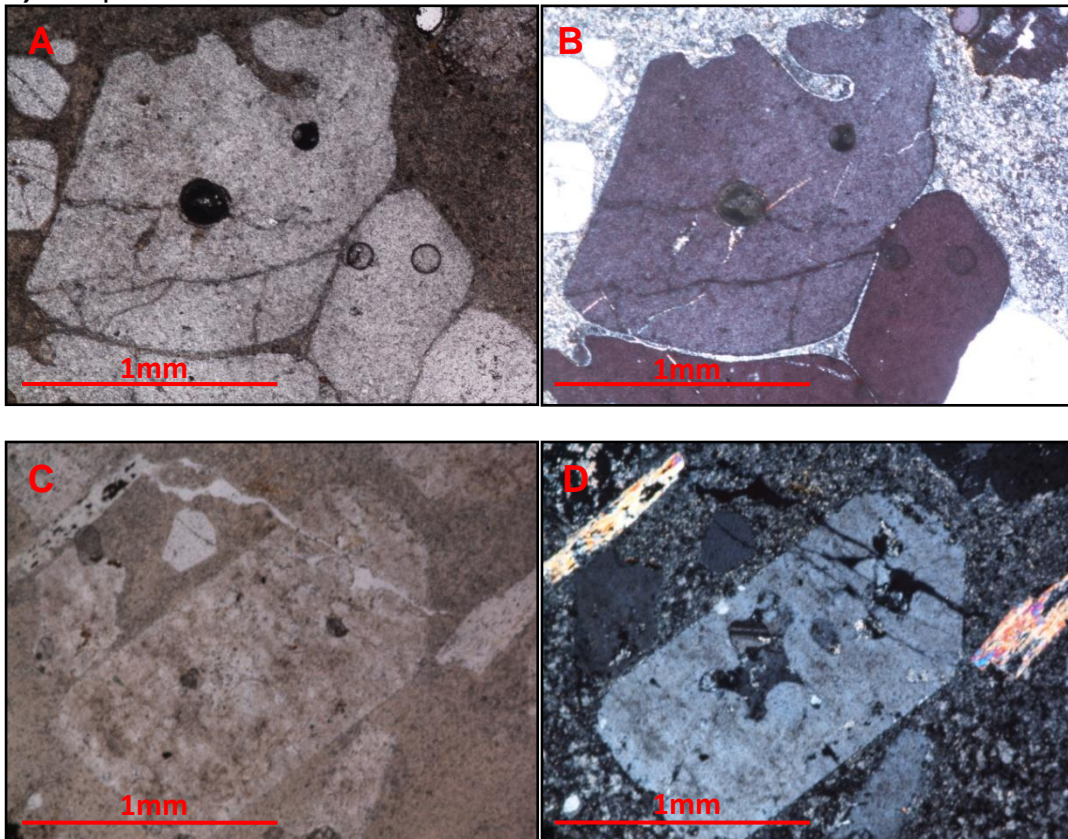
Ortoclasa: Fenocristales de tamaño de grano medio a grueso (0,5mm – 1,5mm), incoloros de aspecto sucio, con birrefringencia que varía de grises de primer orden, de relieve bajo, subhedral. Anisotrópico-biáxico, se manifiestan a nivel de fenocristales, su distribución es levemente homogénea por toda la sección. Se observa altamente alterado a caolinita.

Caolinita: Agregado mineral producto de la alteración del feldespato potásico, incoloro con birrefringencia que varía entre amarillos y grises de primer orden. Anisotrópico uniáxico, de relieve bajo y tamaño de grano fino (0,03mm).

Moscovita: Individuos incoloros, con birrefringencia que varía entre amarillos de segundo orden hasta amarillos de primer orden, subhedral a anhedral. Anisotrópico-biáxico de relieve bajo, exfoliación en una dirección y tamaño de grano medio (0,3mm – 0,5mm).

Minerales opacos: Individuos anhedrales, con bordes rectos a irregulares, se encuentra distribuidos heterogéneamente por toda la sección y tamaño de grano fino a medio (0,4mm).

Figura 23. A. y B. Muestra TEG-E1-002 donde se observan los fenocristales de cuarzo con embahiamiento presentes en las rocas ígneas objeto de estudio. **C. y D.** Fenocristal de feldespato potásico con inclusiones de plagiocalsa. **E. y F.** Fenocristal de plagiocalsa con el maclado tipo albita, con una fuerte alteración a sericita. Microfotografía tomada con objetivo de 5x. **A-C-E)** Luz polarizada. y **B-D-F)** Luz plana no analizada.



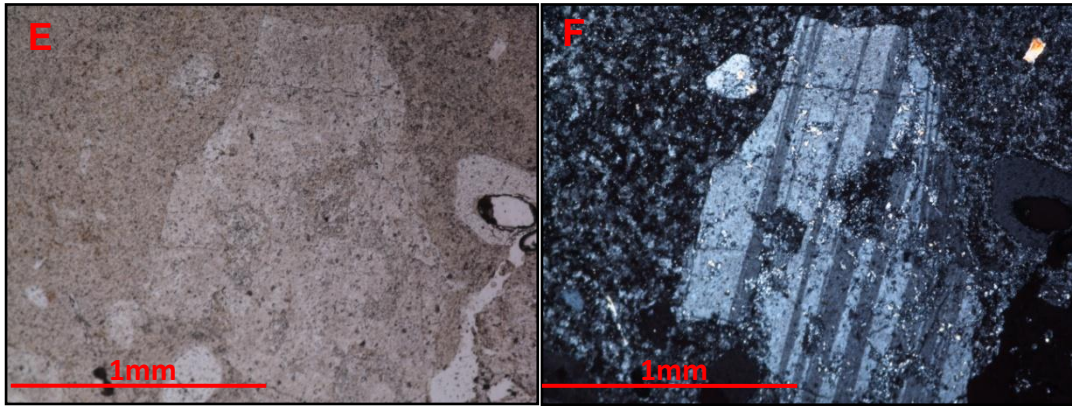
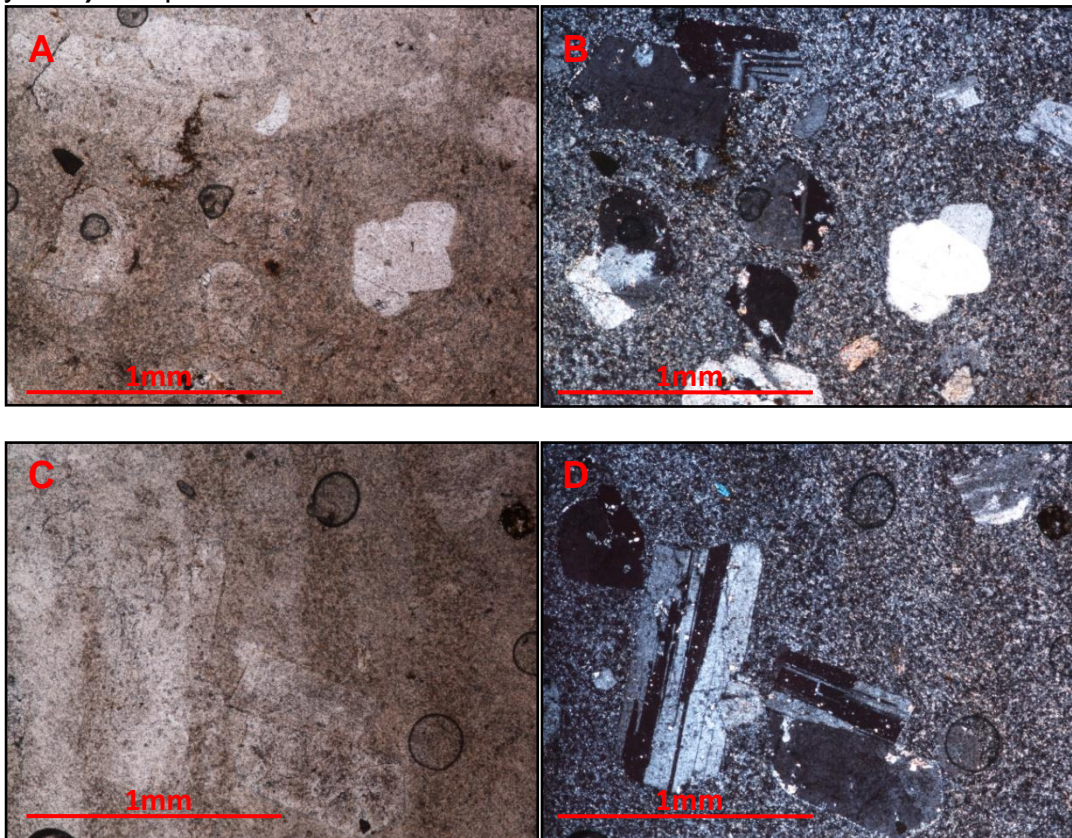


Figura 24. A.-B.-C. y D. Muestra TEG-E1-003 donde se observan los fenocristales de feldespato potásico y plagioclasa presentes en las rocas ígneas objeto de estudio. Microfotografía tomada con objetivo de 5x. **A-C)** Luz polarizada, y **B-D)** Luz plana no analizada.



5.3.2. PESCADERO (A-2)

Granito de textura fanerítica TEG-E3-001

Esta muestra TEG-E3-001, tomada en el sector de Pescadero presenta una textura fanerítica inequigranular de tamaño de grano medio a grueso, los cristales se caracterizan por presentar caras rectas e irregulares predominando la forma subhedral, a nivel de texturas se reconoce la poiquilítica refiriéndose a inclusiones de minerales accesorios y principales, algunos cristales de cuarzo se presentan forma esquelética y cuneiforme, plagioclasas con zonaciones y un alto grado de sericitización, cristales de feldespato potásico de forma irregular en contacto con el cuarzo y la plagioclasa distribuido por toda la sección y con alteraciones a caolinita, además cristales de anfíbol alterados parcialmente a clorita. Esta zona se encuentra afectada por venas de cuarzo.

Tabla 9. Composición mineralógica modal de las rocas de Pescadero.

FASE MINERAL	PORCENTAJE	ETAPA MAGMÁTICA	ETAPA HIDROTHERMAL	ETAPA SUPÉRGENA
Cuarzo	25%	=====		
Feldespato potásico	33%	=====		
Plagioclasa	23%	=====		
Hornblenda	10%	=====		
Moscovita	7%	=====		
Opacos	2%	=====		
Clinocloro*	5.4%		=====	
Illita*	N.C.		=====	
Calcita*	1.5%		=====	
Sericita*			=====	

*Minerales identificados mediante DRX, los cuales se presentan en detalle, en el apartado 6.

TEG-E3-001

Cuarzo: Individuos, incoloros, con birrefringencia que varía de grises de primer orden, de relieve bajo, subhedrales. Anisotrópico-uniaxial, de tamaño de grano medio (0,8mm – 1,0mm), se encuentra en contacto con plagioclasa, ortoclasa y moscovita, esta homogéneamente distribuido por toda la sección. Algunos de estos cristales se manifiestan de forma esquelética y cuneiforme.

Feldespatos potásicos:

Ortoclasa: Individuos incoloros, con birrefringencia que varía de grises de primer orden, de relieve bajo, subhedrales a anhedrales y de aspecto sucio. Anisotrópico-biaxial, de tamaño de grano grueso (1,2mm – 2,2mm), se encuentra en contacto con cuarzo, plagioclasa y moscovita, esta homogéneamente distribuido por toda la sección. Se observa ligeramente alterado a caolinita.

Caolinita: Agregado mineral producto de la alteración del feldespato potásico, incolora con birrefringencia que varía entre amarillos y grises de primer orden. Anisotrópico uniaxial, de relieve bajo y tamaño de grano muy fino (0,03mm). Se encuentra distribuida heterogéneamente en la placa.

Plagioclasa: Individuos incoloros, con birrefringencia que varía entre grises de primer orden, subhedrales de hábito alargado con bordes irregulares a rectilíneos. Anisotrópico-biaxial de relieve bajo, exfoliación perfecta y tamaño de grano medio a grueso (1,0mm – 1,4mm). Presenta maclado tipo Albite y tipo Carlsbad, está en contacto con el cuarzo el feldespato. Está heterogéneamente distribuida por toda la placa y se observa levemente fracturada. Presenta inclusiones ocasionales de cuarzo y óxidos.

Sericita: Agregado mineral producto de la alteración de la plagioclasa, incolora con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Anisotrópico-biaxial de relieve bajo y tamaño de grano muy fino (0,03mm). Se encuentra distribuida heterogéneamente en la placa.

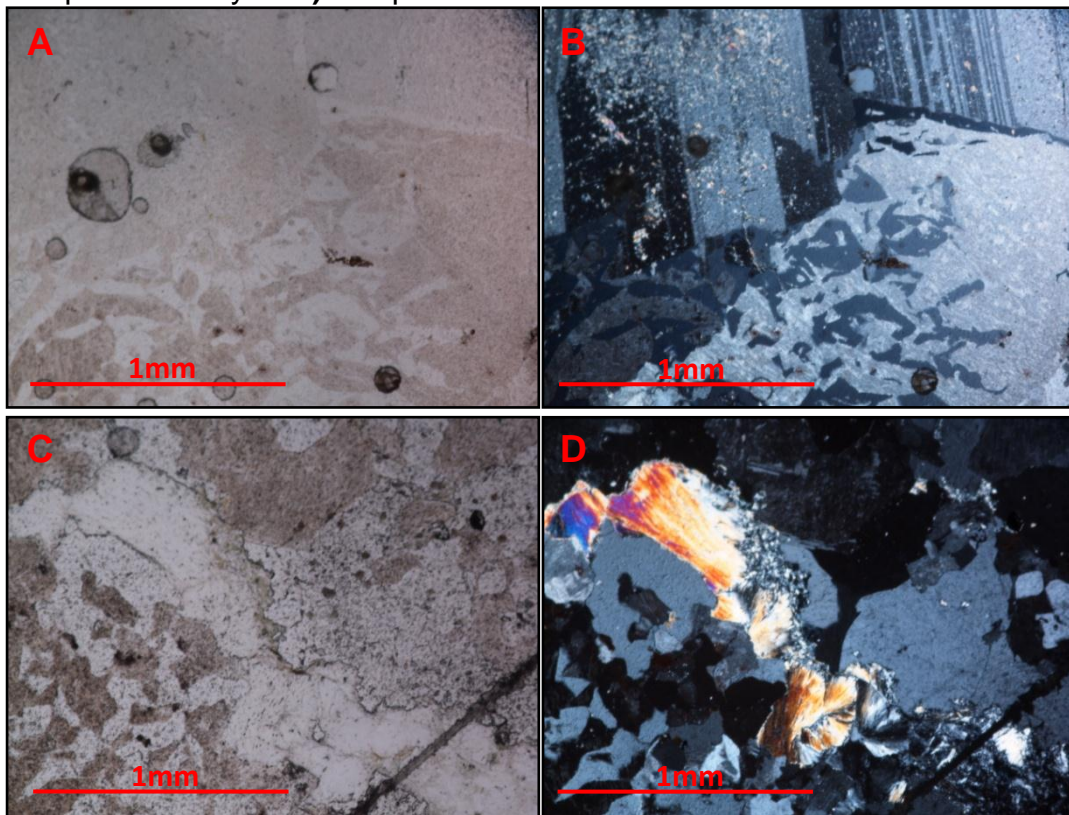
Hornblenda: Individuos de color verde, pleocroicos, colores de birrefringencia de tercer orden, subhedrales a anhedrales, con bordes rectos e irregulares, con variaciones de tamaño de mediano (0,8mm – 1,2mm), se encuentra en contacto con el cuarzo, plagioclasa y feldespatos, algunos cristales presenta alteración a clorita.

Clorita: individuos anhedrales de color verde, de pleocroísmo débil, de colores de birrefringencia enmascarados por el color del mineral, tamaño de grano medio (0,6mm – 0,8mm), se presenta como alteración de la hornblenda desarrollándose de los bordes hacia el centro.

Moscovita: Individuos incoloros, con birrefringencia que varía entre amarillos de segundo orden hasta amarillos de primer orden, subhedrales a anhedrales. Anisotrópico- biáxico de relieve bajo, tamaño de grano medio a fino (0,2mm – 0,5mm). Está heterogéneamente distribuida en la placa.

Minerales opacos: Individuos anhedrales, con bordes irregulares, tamaño de grano fino a medio (0,3mm – 0,5mm), se encuentra en contacto con todos los minerales.

Figura 25. Muestra TEG-E3-001 **A.-B.** Donde se observa los cristales de cuarzo de forma esquelética - cuneiforme. **C.-D.** Se observa una zona fracturada rellena con un cuarzo de menor tamaño. Microfotografía tomada con objetivo de 5x. **A-C)** Luz polarizada. y **B-D)** Luz plana no analizada.



Riolita porfirítica TEG-E4-001

La muestra TEG-E4-001 tomada en este punto de Pescadero presentan una textura porfirítica con una matriz afanítica de composición similar a la de los fenocristales y alteraciones a minerales arcilla (sericita-caolinita), asimismo el análisis de difracción de rayos x DRX no arroja fases minerales diferentes. Texturalmente se reconocen la textura grafica también encontrada en las muestras tomadas en el sector de Curos, que trata del intercrecimiento de cuarzo, por último la textura poiquilítica generada por la presencia de apatitos incluidos en cristales de plagioclasas. Esta muestra de roca se encuentra en contacto a una pegmatita.

Los fenocristales de feldespato potásico se dan como individuos euedrales a subhedrales de forma rectangular y bordes irregulares, ocasionalmente estos fenocristales presentan diferentes niveles de alteración a caolinita y se encuentran distribuidos homogéneamente en toda la sección.

Los fenocristales de plagioclasa se dan como individuos de forma alargada y bordes irregulares, presentan el maclado característico tipo albita - Carlsbad. Estos fenocristales de plagioclasa se encuentran distribuidos en toda la sección y en su gran mayoría presentan sericitización.

Tabla 10. Composición mineralógica modal de la riolita porfirítica de Pescadero.

FASE MINERAL	PORCENTAJE	ETAPA MAGMÁTICA	ETAPA HIDROTERMAL	ETAPA SUPÉRGENA
Cuarzo	32%	=====		
Feldespato potásico	29%	=====		
Plagioclasa	23%	=====		
Moscovita	8%	=====		
Apatito	1%	=====		
Epidota	5%		=====	
Óxidos	2%			=====
Calcita Magnesiana*	1.8%		=====	

*Minerales identificados mediante DRX, los cuales se presentan en detalle, en el apartado 6.

TEG-E4-001

Cuarzo: Individuos, incoloros, con birrefringencia que varía de grises de primer orden, de relieve bajo, subhedrales a anhedrales. Anisotrópico-uniaxial, de tamaño de grano medio a fino (0,2mm – 0,6mm), se encuentra en contacto con plagioclasa, ortoclasa y moscovita.

Feldespato potásico:

Ortoclasa: Individuos incoloros, con birrefringencia que varía de grises de primer orden, de relieve bajo, subhedrales y de aspecto sucio. Anisotrópico-biaxial, de tamaño de grano medio (0,4mm – 0,8mm). Se observa altamente alterado a caolinita.

Microclina: Individuos incoloros, con birrefringencia que varía de grises de primer orden, de relieve bajo, subhedrales a anhedrales. Anisotrópico-biaxial, de tamaño de grano medio (0,3mm – 0,5mm), sus maclas en enrejado no son muy visibles, su distribución en la sección es heterogénea. Se observa los cristales con alteraciones a caolinita.

Caolinita: Agregado mineral producto de la alteración del feldespatopotásico, incolora con birrefringencia que varía entre amarillos y grises de primer orden. Anisotrópico uniaxial, de relieve bajo y tamaño de grano muy fino (0,03mm).

Plagioclasa: Individuos incoloros, con birrefringencia que varía entre grises de primer orden, subhedrales. Anisotrópico-biaxial de relieve bajo, tamaño de grano medio (0,3mm – 0,5mm), algunos cristales presentan inclusiones de apatito dando consigo una textura poiquilítica.

Sericita: Agregado mineral producto de la alteración de la plagioclasa, incolora con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Anisotrópico-biaxial de relieve bajo y tamaño de grano muy fino (0,03mm).

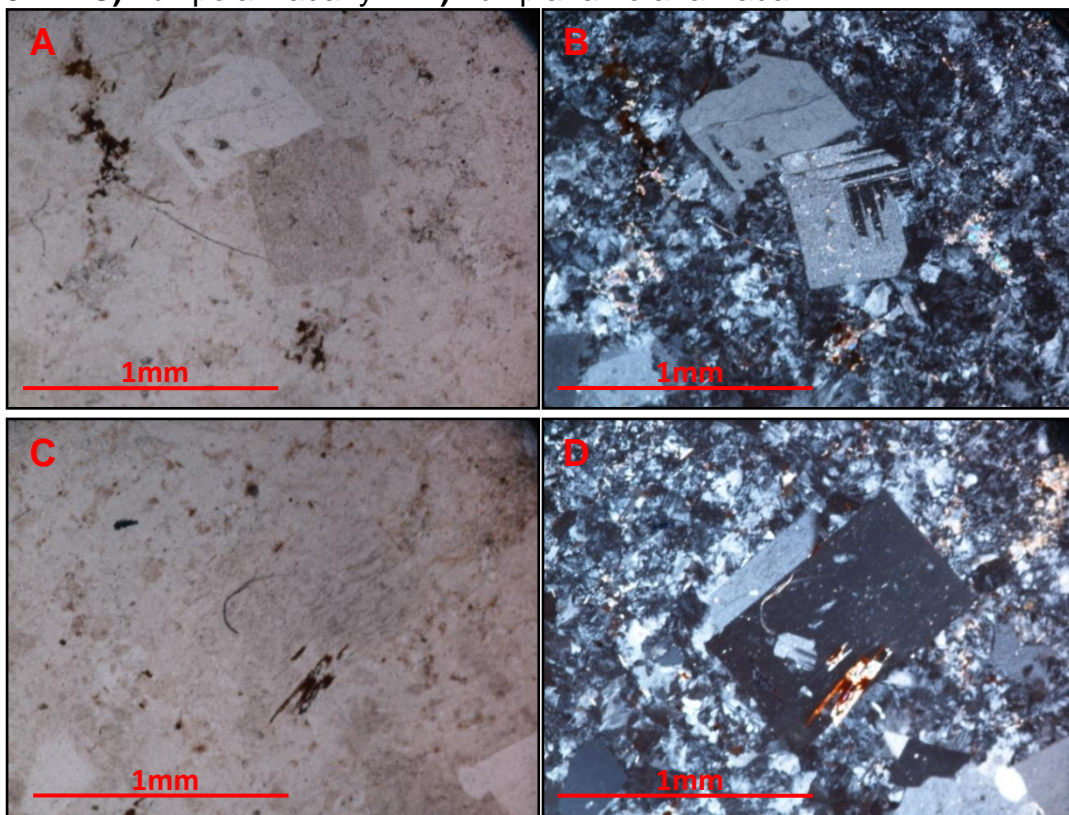
Moscovita: Individuos incoloros anhedrales, con birrefringencia que varía entre amarillos de segundo orden hasta amarillos de primer orden. Anisotrópico-biaxial de relieve bajo, tamaño de grano fino (0,1mm – 0,2mm). Está heterogéneamente distribuida en la placa.

Epidota: Individuos de color verde muy claro, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, anhedrales. Anisotrópico-uniaxial de relieve muy alto y tamaño de grano fino (0,1mm). Se encuentra heterogéneamente distribuido por la placa.

Apatito: Individuos euhedrales, muy pequeños (0,05mm), de geometría hexagonal, incluidos ocasionalmente en plagioclasas.

Óxidos: Se presentan en la sección de color ocre-rojizo, entre algunos minerales, de tamaño de grano fino a muy fino (0,4mm).

Figura 26. Muestra TEG-E4-001 **A.-B.** Donde se observa los fenocristales cristales plagioclasa. **C.-D.** Se observa un fenocristal de ortoclasa de forma rectangular con inclusiones de plagioclasa. Microfotografía tomada con objetivo de 5x. **A-C)** Luz polarizada. y **B-D)** Luz plana no analizada.



5.3.3. BERLÍN (B)

Las muestras TEG-E5-001 y TEG-E6-001 recolectadas en el sector de Berlín presentan una textura fanerítica, tamaño de grano medio, la forma predominante es la subhedral, y texturas como la poiquilítica refiriéndose a inclusiones de minerales accesorios dentro de minerales principales, y kelifítica que son bordes reaccionales en algunos minerales y cuarzos cuneiformes. Además se observa un intenso fracturamiento favoreciendo la oxidación y el intercrecimiento cristalino.

Los cristales de cuarzo se dan como individuos de forma subhedral a anhedral, con presencia de fracturas de forma irregular, se encuentra en contacto con la plagioclasa, la ortoclasa y la moscovita, ocasionalmente estos cristales presentan inclusiones de apatitos; se encuentra distribuido homogéneamente en toda la sección.

Los cristales de feldespato potásico se dan como individuos de forma subhedral a anhedral, ocasionalmente estos cristales presentan diferentes niveles de alteración a caolinita y se encuentran distribuidos homogéneamente en toda la sección.

Los fenocristales de plagioclasa se dan como individuos de forma alargada y bordes irregulares, presentan el maclado característico tipo albita - Carlsbad. Estos cristales de plagioclasa se encuentra distribuidos en toda la sección y en su gran mayoría se presentan muy fracturados y con un alto grado de sericitización.

Tabla 11. Composición mineralógica modal del granito de Berlín.

FASE MINERAL	PORCENTAJE	ETAPA MAGMÁTICA	ETAPA HIDROTHERMAL	ETAPA SUPÉRGENA
Cuarzo	29 - 32%	=====		
Feldespato potásico	27 - 29%	=====		
Plagioclasa	23 - 24%	=====		
Moscovita	8 - 11%	=====		
Biotita	5 - 7%	=====		
Opacos	1 - 2%	=====		
Apatito	1 - 2%	=====		
Óxidos	1 - 2%			=====
Illita*	N.C.		=====	
Epidota*	N.C.		=====	
Calcita*	0.7%		=====	

*Minerales identificados mediante DRX, los cuales se presentan en detalle, en el apartado 6.

TEG-E5-001 y TEG-E6-001

Cuarzo: Individuos, incoloros, con birrefringencia que varía de grises de primer orden, de relieve bajo, subhedrales a anhedrales. Anisotrópico-uniaxial, de tamaño de grano medio (0,8mm – 1,5mm), se encuentra en contacto con plagioclasa, ortoclasa y moscovita, está homogéneamente distribuido por toda la sección, en ocasiones se observa fuertemente fracturado. Presenta inclusiones de apatito regularmente.

Feldespato potásico:

Ortoclasa: Individuos incoloros de aspecto sucio, con birrefringencia que varía de grises de primer orden, de relieve bajo, subhedrales a anhedrales. Anisotrópico-biaxial, de tamaño de grano medio a grueso (0,8mm – 1,6mm), se encuentra en contacto con cuarzo, plagioclasa y moscovita, algunos cristales presentan fracturas.

Microclina: Individuos incoloros, con birrefringencia que varía de grises de primer orden, de relieve bajo, subhedrales a anhedrales. Anisotrópico-biaxial, de tamaño de grano medio a fino (0,6mm – 1,0mm), sus maclas en enrejado no son muy evidentes, su distribución en la sección es heterogénea.

Caolinita: Agregado mineral producto de la alteración del feldespato potásico, incolora con birrefringencia que varía entre amarillos y grises de primer orden. Anisotrópico uniaxial, de relieve bajo y tamaño de grano muy fino (0,03mm).

Plagioclasa: Individuos incoloros, con birrefringencia que varía entre grises de primer orden, subhedrales de hábito alargado rectangular con bordes irregulares a rectilíneos. Anisotrópico-biaxial de relieve bajo, exfoliación perfecta y tamaño de grano medio (0,6mm – 1,2mm). Presenta maclado tipo albita y tipo, está en contacto con el cuarzo el feldespato. Se observa fuertemente fracturada. Presenta inclusiones ocasionales de cuarzo y óxidos.

Sericita: Agregado mineral producto de la alteración de la plagioclasa, incolora con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Anisotrópico-biaxial de relieve bajo y tamaño de grano muy fino (0,03mm).

Moscovita: Individuos incoloros, con birrefringencia que varía entre amarillos de segundo orden hasta amarillos de primer orden, subhedrales. Anisotrópico-biaxial de relieve bajo, exfoliación en una dirección y tamaño de grano medio a fino (0,2mm – 1,0mm). Se observa oxidación ocasional desde los bordes hacia el centro del cristal a manera de parches. En contacto con cuarzo, feldespato y plagioclasa. Está heterogéneamente distribuida en la placa.

Biotita: Individuos cristalinos de color marrón claro y birrefringencia que varía entre verdes y amarillos de tercer orden a amarillos de segundo orden, subhedrales. Anisotrópico-biaxial de hábito tabular, relieve medio y tamaño de grano fino (0,2mm – 0,4mm). Presenta pleocroísmo débil con variaciones en tonos cafés y presenta exfoliación perfecta. Se encuentra distribuida heterogéneamente en la placa.

Apatito: Individuos euhedrales, muy pequeños (0,04mm), de geometría hexagonal, incluidos ocasionalmente dentro de feldespatos y cuarzo.

Minerales opacos: Individuos anhedrales, con bordes rectos a irregulares, se encuentra en contacto con todos los minerales, de tamaño de grano fino (0,2mm – 0,4mm).

Óxidos: Se presentan en la sección de color naranja-rojizo, entre algunos minerales.

Figura 27. Muestra TEG-E5-001 **A.-B.- C.- D.** Donde se observa la mineralogía característica de esta zona, donde se evidencia la alta meteorización en el contenido de caolinita y sericita en los feldespatos y además su alto grado de fracturamiento ayudando también a esta meteorización. Microfotografía tomada con objetivo de 5x.**A-C)** Luz polarizada. y **B-D)** Luz plana no analizada.

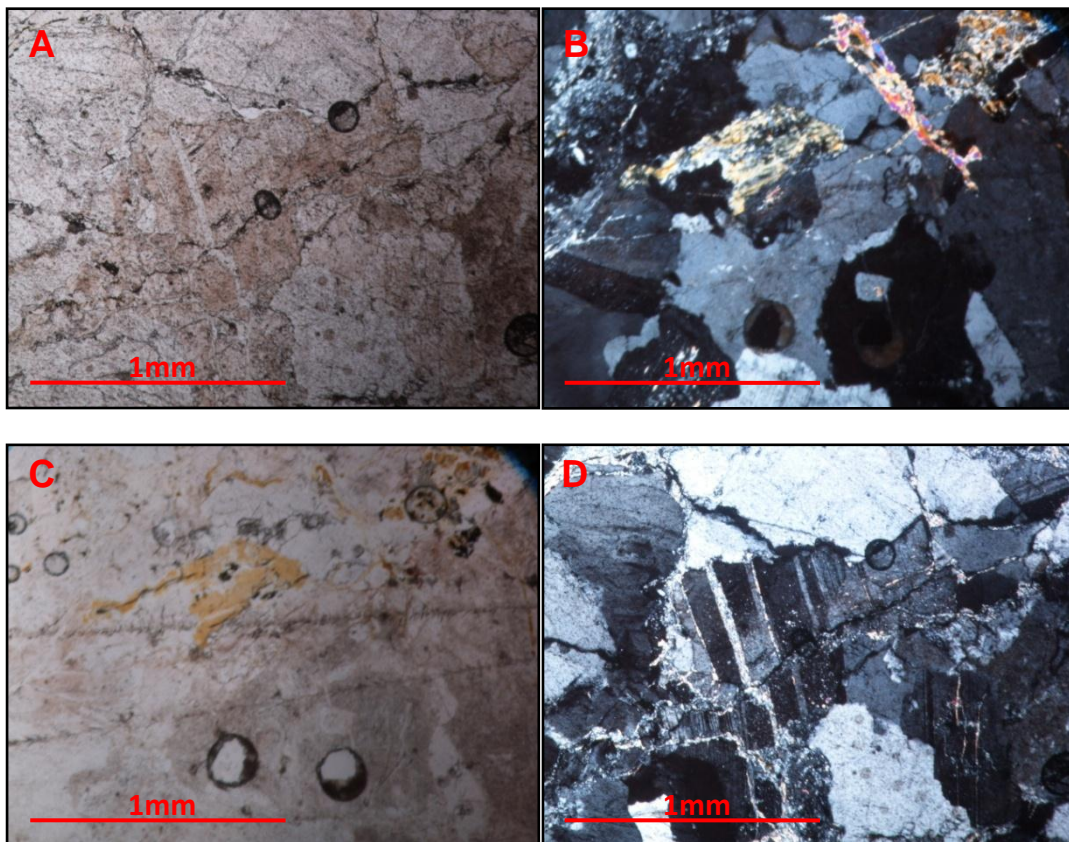
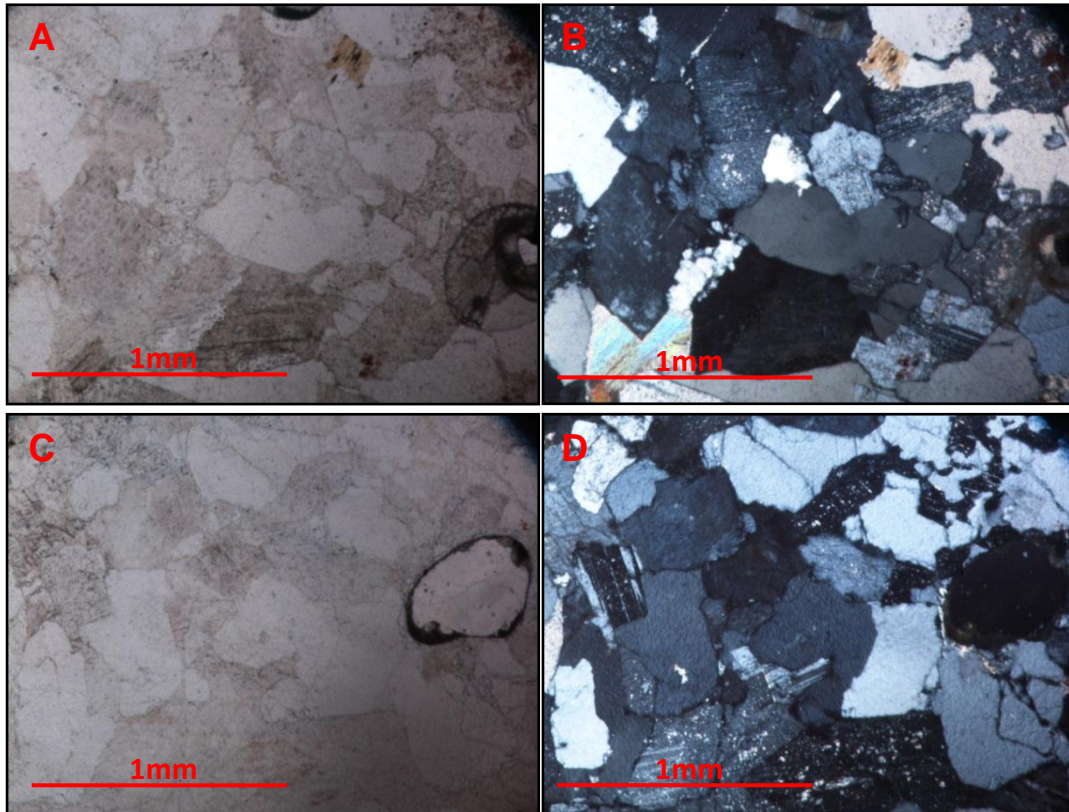


Figura 28. Muestra TEG-E6-001 **A.-B.- C.- D.** Donde se observa la mineralogía característica de esta zona, donde se evidencia la alta alteración en el contenido de caolinita y sericita en los feldespatos. Microfotografía tomada con objetivo de 5x. **A-C)** Luz polarizada. y **B-D)** Luz plana no analizada.



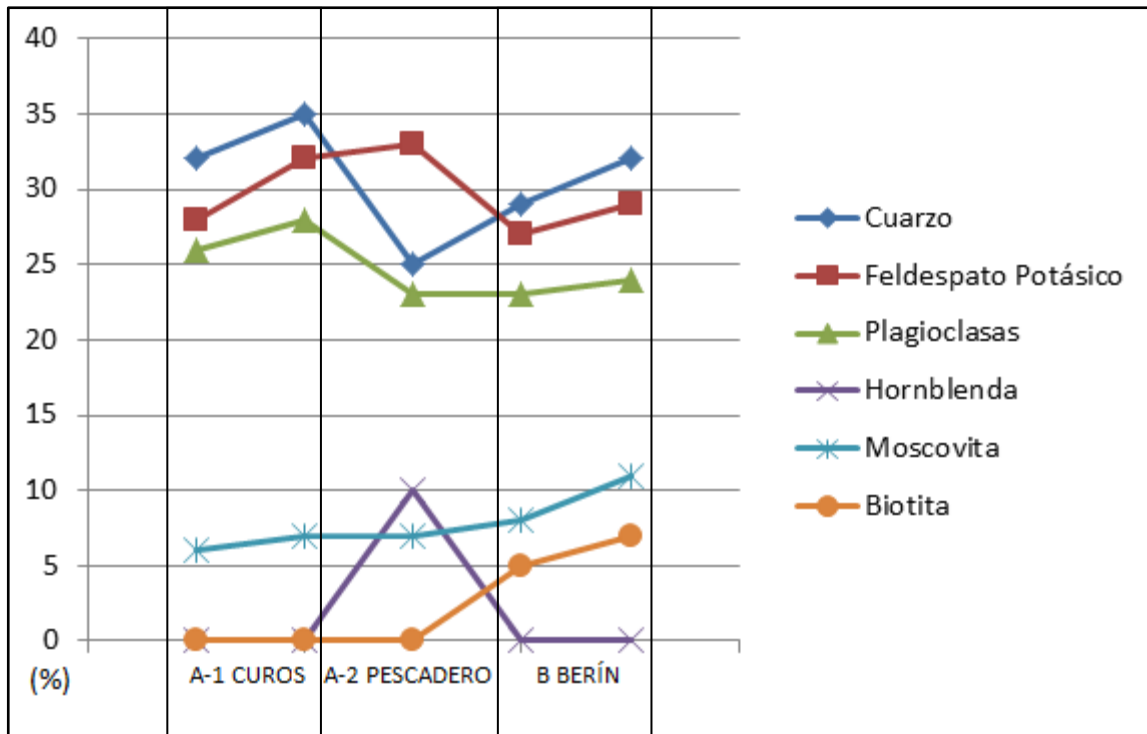
Con el fin de dar un mejor manejo a los datos obtenidos en el microscopio en la siguiente tabla se observa las propiedades mineralógicas de las rocas de textura fanerítica de los Sectores A y B, expresadas en el porcentaje mineral y el tamaño de grano, aparte de eso en las figuras 29 y 30, se encuentra un análisis estadístico de los porcentajes mineralógicos y los tamaños de grano de cada mineral.

Tabla 12. Comparación textural y mineralógica de los sectores A y B.

RELACIÓN DE LAS MUESTRAS			A		B (Berlín)
			A-1 (Cueros)	A-2 (Pescadero)	
Propiedades mineralógicas	Cuarzo	Porcentaje	32 – 35%	25%	29 – 32%
		Tamaño de grano	0,4 – 1,0mm	0,8 – 1,0mm	0,8 – 1,5mm
	Feldespato potásico	Porcentaje	28 – 32%	33%	27 – 29%
		Tamaño de grano	0,4 – 1,1mm	1,2 – 2,2mm	0,8 – 1,6
	Plagioclasa	Porcentaje	26 – 28%	23%	23 – 24%
		Tamaño de grano	0,4 – 0,8mm	1,0 – 1,4mm	0,6 – 1,2mm
	Hornblenda	Porcentaje	X	10%	X
		Tamaño de grano	X	0,8 – 1,2mm	X
	Moscovita	Porcentaje	6 - 7%	7%	8 – 11%
		Tamaño de grano	0,3 – 1,3mm	0,2 – 0,5mm	0,2 – 1,0mm
	Biotita	Porcentaje	X	X	5 – 7%
		Tamaño de grano	X	X	0,2 – 0,4mm

Las dos primares observaciones de la tabla 12, primero el contenido de hornblenda solo observado en el Sector A-2 perteneciente a Pescadero, junto con el contenido de biotita que solo observado en el sector de B perteneciente a Berlín.

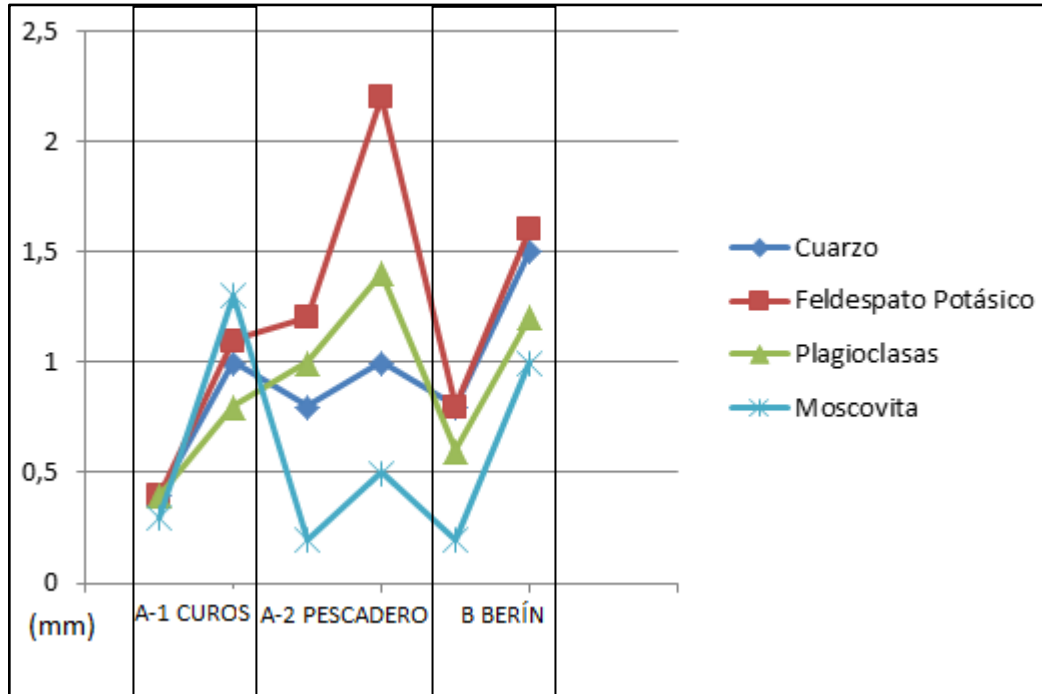
Figura 29. Grafica de los porcentajes minerales de las rocas graníticas, con respecto a los Sectores A y B.



De acuerdo con la figura 29, se logra apreciar las variaciones en los porcentajes mineralógicos en los sectores A y B, resaltando el contenido alto de feldespato potásico en el sector A-2 y su bajo contenido en cuarzo en el mismo, además en esta parte se observa minerales máficos como la horblenda. Otra cosa por resaltar es la presencia siempre más alta de cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico en el sector A-1 de Curos comparado con el sector B en Berlín, aunque sus diferencias porcentuales no son tan altas.

Según lo visto en la figura 30, los tamaños de grano de los minerales en las rocas de los sectores A y B, se muestra un claro aumento en el tamaño de grano en el sector A-2 especialmente en los cristales de feldespato potásico, siguiendo por las rocas del sector B en Berlín y por últimos las rocas que presenta tamaños de grano más finos son las del sector A-1 en Curos.

Figura 30. Grafica de los tamaños de grano con respecto a los Sectores A y B.



Las alteraciones observadas en los tres sectores son muy similares presentando la poiquilítica refiriéndose a inclusiones de minerales accesorios en minerales principales, la kelifítica refiriéndose a bordes reaccionales en cristales, en el sector A-1 en Cueros, estas rocas presentan una textura micro grafica la cual no se encuentra en los otros dos sectores. Los cuarzos de textura esquelética o cuneiforme son comunes en los dos sectores.

6. IDENTIFICACIÓN DE LAS FASES MINERALES EN LAS ROCAS GRANÍTICAS, MEDIANTE ANÁLISIS DE DRX

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de los análisis de Difracción de Rayos X DRX, realizados a las muestras recolectadas en la fase campo, con el fin de identificar las fases minerales presentes y el porcentaje de cada uno de éstos en las rocas. De las rocas analizadas se reconocen los tipos, graníticas, porfiríticas y muestra de vena de cuarzo.

En los perfiles de difracción se observa la fase de *Corundum - Aluminum Oxide* (estándar interno), el cual fue agregado a la muestra en una cantidad conocida para la respectiva cuantificación.

6.1. ROCAS GRANÍTICAS

De esta colección hacen parte las siguientes muestras: **A-1 (Curos):** TEG-E1-001, TEG-E2-001, TEG-E2-002, **A-2 (Pescadero):** TEG-E3-001, **B (Berlín):** TEG-E5-001, TEG-E6-001 y TEG-E6-002. Con el fin de encontrar diferencias y similitudes en las rocas granítica se presentan en resumen los datos obtenidos de las muestras analizadas a través de DRX. Las rocas analizadas se concentraron teniendo en cuenta su similitud en la composición mineralógica. Entre las fases mineralógicas identificadas encontramos la albita, ortoclasa y cuarzo, y las fases mineralógicas que se encuentran alojadas en estas rocas a manera de minerales accesorios son la moscovita, y minerales de alteración como el caolín y la illita. Las fases mineralógicas son visibles en los difractogramas de las Figuras 32 a 38.

Sectores/Muestras:

Curos (A-1): TEG-E1-001, TEG-E2-001, TEG-E2-002

Pescadero (A-2): TEG-E3-001

Berlín (B): TEG-E5-001, TEG-E6-001, TEG-E6-002

Tabla 13. Resultados obtenidos de DRX en las muestras de roca granítica mostrando las fases minerales presentes.

CUROS (A-1)		
Fase mineral	Formula	Porcentaje
Cuarzo	Si O ₂	20.2% - 23.1%
Albita	(Na _{0.98} Ca _{0.02}) (Al _{1.02} Si _{2.98} O ₈)	36.5% - 37.5%
Ortoclasa	K Si ₃ Al O ₈	14.5% - 24.2%
Moscovita	K _{0.92} Na _{0.08} Al _{1.86} Fe _{0.14} Mg _{0.02} (Al _{0.97} Si _{3.03} O ₁₀) (OH) _{1.91} F _{0.09}	5.0% - 11.6%
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	1.9% - 7.8%
Calcita	Ca CO ₃	0.9% - 1.0%
Illita	K _{0.7} Al ₂ (Si, Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂	N.C
Halloisita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	N.C
PESCADERO (A-2)		
Fase mineral	Formula	Porcentaje
Cuarzo	Si O ₂	32.6%
Albita	(Na _{0.98} Ca _{0.02}) (Al _{1.02} Si _{2.98} O ₈)	34.1%
Ortoclasa	Cuarzo	13.3%
Moscovita	K Al ₂ (Si, Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂	7.4%
Clinocloro	(Mg _{2.8} Fe _{1.7} Al _{1.2}) (Si _{2.8} Al _{1.2}) O ₁₀ (OH) ₈	5.4%
Calcita	Ca CO ₃	1.5%
Illita	(K, H ₃₀) Al ₂ (Si ₃ Al) O ₁₀ (OH) ₂ · X H ₂ O	N.C.
BERLÍN (B)		
Fase mineral	Formula	Porcentaje
Cuarzo	Si O ₂	16.3% - 20.0%
Albita	(Na _{0.98} Ca _{0.02}) (Al _{1.02} Si _{2.98} O ₈)	36.4% - 45.5%
Ortoclasa	K Al Si ₃ O ₈	13.6% 19.9%
Moscovita	K Al ₂ Si ₃ Al O ₁₀ (OH) ₂	3.7% - 20.4%
Illita	(K, H ₃₀) Al ₂ (Si ₃ Al) O ₁₀ (OH) ₂ · x H ₂ O	N.C.

Epidota	$\text{Ca}_2 \text{Al}_2 \text{Fe Si}_3 \text{O}_{12} (\text{OH})$	N.C.
Calcita	Ca CO_3	0.7%

De la tabla anterior podemos concluir que las muestras tomadas en el sector de Curos (A-1), según sus fases minerales presentan una alteración argílica, la cual se ve marcada por la presencia de minerales arcilla tales como la caolinita, halloisita y la illita. Mientras que en las zonas de Pescadero (A-2) y Berlín (B) se evidencia la presencia de alteración (propilítica) debido a la aparición de minerales tales como calcita, epidota y clinocloro. Las alteraciones encontradas en estas rocas son producto de una actividad hidrotermal en la zona, a la cual ha estado expuesto el Granito de Pescadero.

De acuerdo a los porcentajes obtenidos en las fases minerales de los análisis de Difracción de Rayos X DRX, se realizó una gráfica la cual representa en el eje vertical el porcentaje del mineral presente en la muestra con respecto al sector representado en el eje horizontal. Donde se puede observar una evidente tendencia en las pendientes en los porcentajes de las fases minerales de la albita, ortoclasa y la moscovita; teniendo como excepción el cuarzo ya que no conserva esta misma tendencia. (Figura 31), además el contenido elevado de albita en el sector de Berlín comparado con el Sector A.

Figura 31. Grafica estadística del porcentaje mineral de las rocas graníticas con respecto a los sectores de estudio.

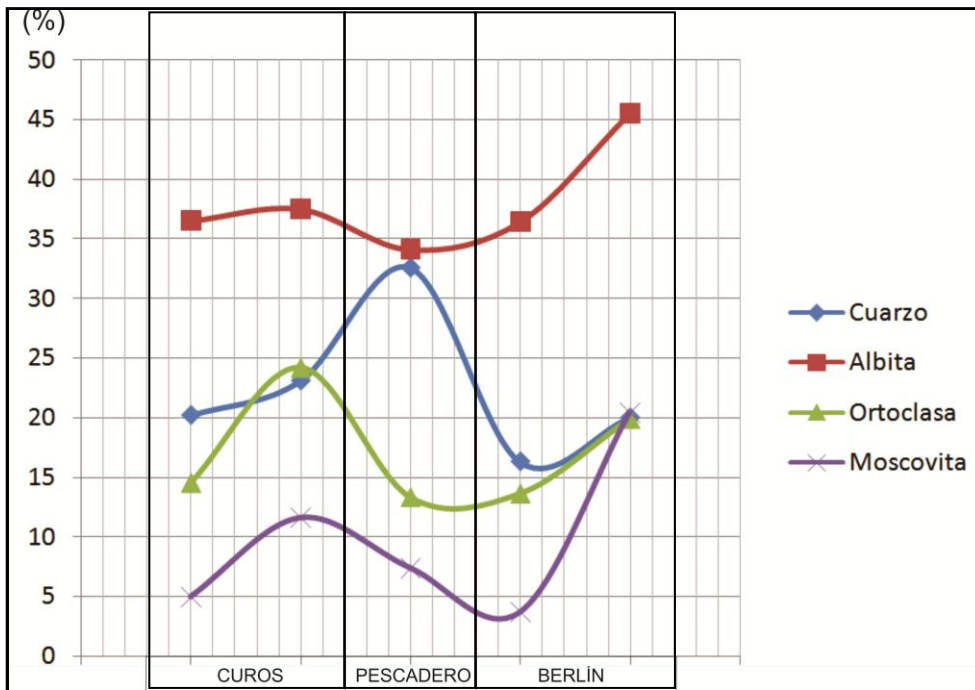


Figura 32. Difractograma para la muestra TEG-E1-001 (Granito) sector Cueros (A-1), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 13.

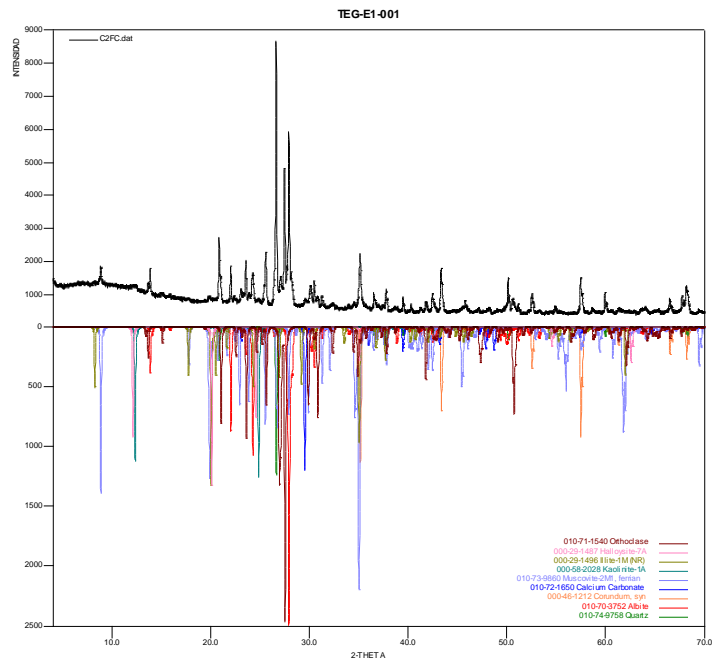


Figura 33. Difractograma para la muestra TEG-E2-001 (Granito) sector Cueros (A-1), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 13.

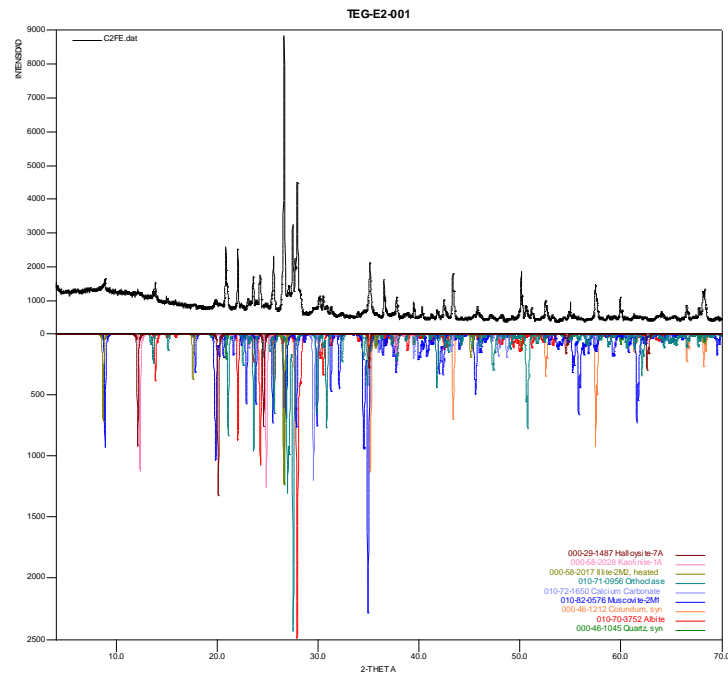


Figura 34. Difractograma para la muestra TEG-E2-002 (Granito) sector Cueros (A-1), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 13.

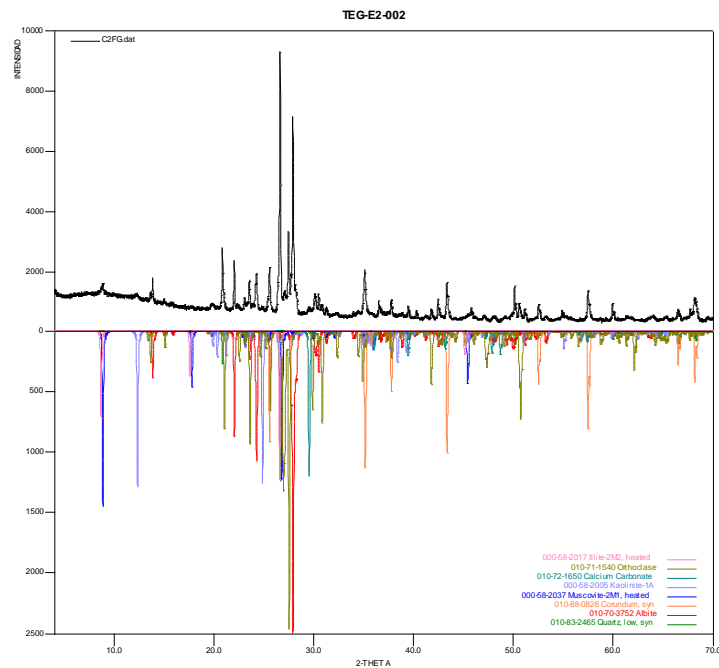


Figura 35. Difractograma para la muestra TEG-E3-001 (Granito) sector Pescadero (A-2), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 13.

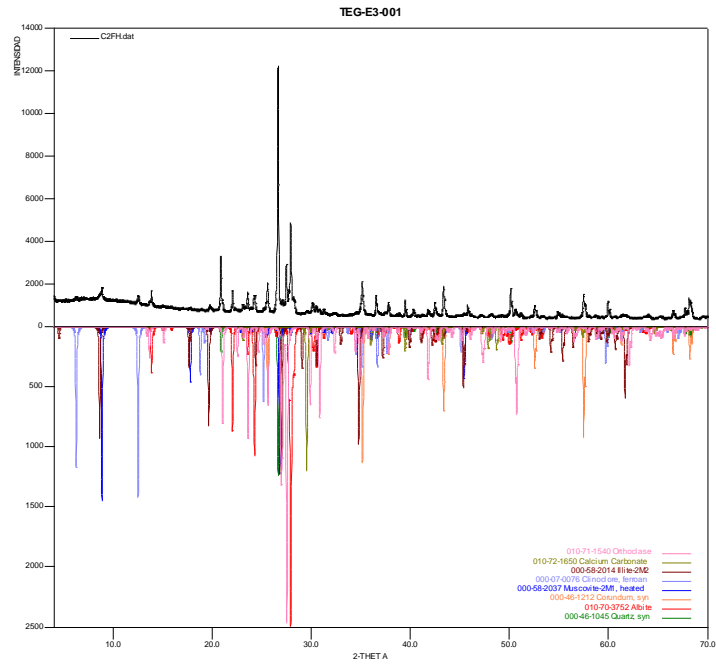


Figura 36. Difractograma para la muestra TEG-E5-001 (Granito) sector Berlín (B), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 13.

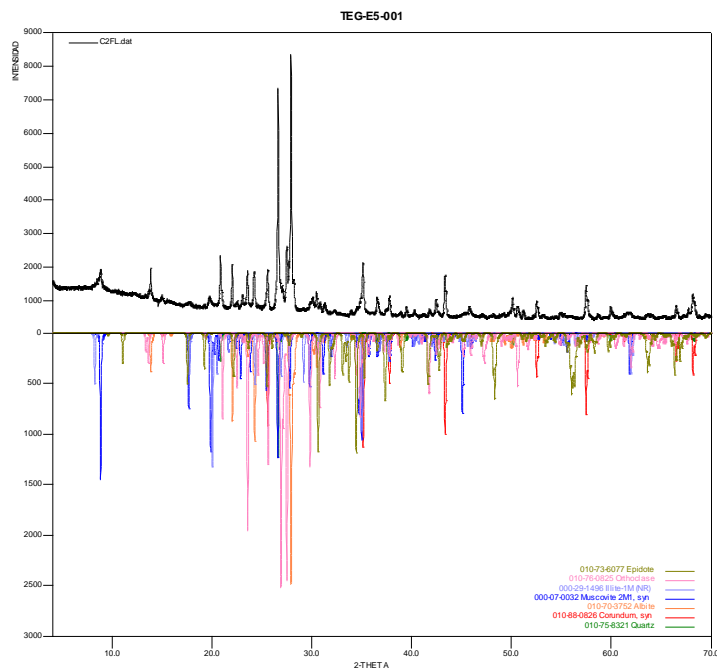


Figura 37. Difractograma para la muestra TEG-E6-001 (Granito) sector Berlín (B), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 13.

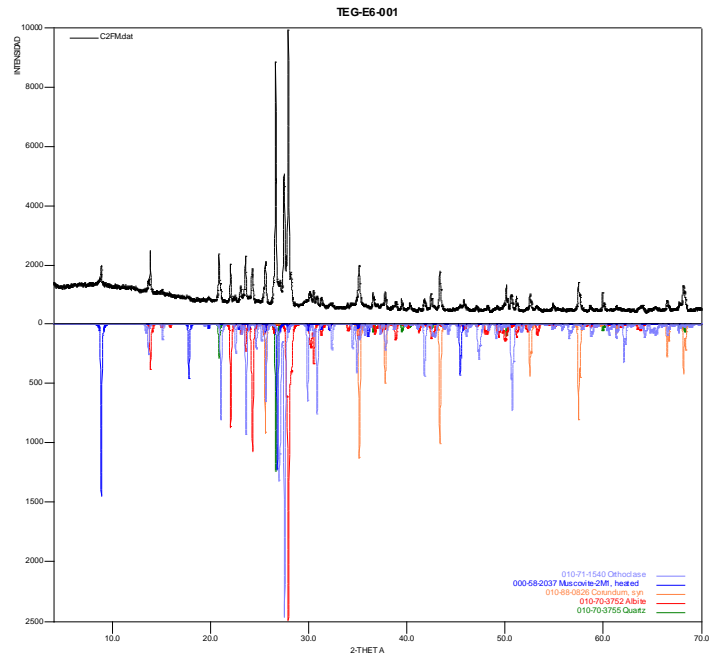
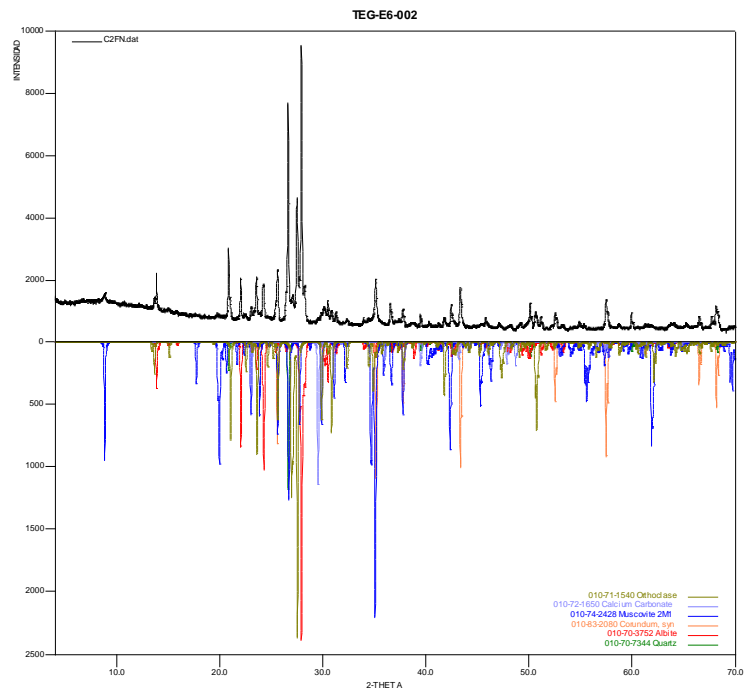


Figura 38. Difractograma para la muestra TEG-E6-002 (Granito) sector Berlín (B), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 13.



6.2. ROCAS PORFIRÍICAS

Pertencientes a esta litología hacen parte las muestras TEG-E1-002 y TEG-E1-003 tomadas en el Sector (A-1), las cuales corresponde a la primera estación, en la tabla siguiente se presenta un resumen de los datos obtenidos de las dos muestras analizadas a través de DRX. Las rocas se concentraron teniendo en cuenta su similitud en la composición mineralógica. Entre las fases mineralógicas identificadas encontramos de en mayor proporción el cuarzo, la moscovita, la ortoclasa y la albita, también fases minerales presentes en la roca con contenidos menores al 5% correspondiente a minerales accesorios producto de alteraciones entre estos tenemos la illita. Las fases mineralógicas son visibles en los difractogramas de las respectivas muestras (Figuras 39-40).

Tabla 14. Resultados obtenidos de DRX en las muestras de rocas porfiríticas mostrando las fases minerales presentes.

CUROS		
Fase mineral	Formula	Porcentaje
Cuarzo	Si O_2	29.8% - 39.4%
Ortoclasa	$\text{K Si}_3 \text{Al O}_8$	17.6% - 17.9%
Albita	$(\text{Na}_{0.98} \text{Ca}_{0.02})(\text{Al}_{1.02} \text{Si}_{2.98} \text{O}_8)$	13.0% - 13.9%
Moscovita	$\text{K Al}_2 (\text{Si, Al})_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$	16.0% - 20.3%
Caolinita	$\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4$	3.4% - 7.7%
Illita	$\text{K}_{0.7} \text{Al}_2 (\text{Si, Al})_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$	N.C

Según la tabla anterior en estas rocas porfiríticas se ve la evidencia de la actividad hidrotermal, dada por los minerales que se generan la alteración fílica, denominada también cuarzo – sericítica; caracterizada por el desarrollo de sericita y cuarzo secundario.

Figura 39. Difractograma para la muestra TEG-E1-002 (Riolita porfírica) sector Curos (A-1), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 14.

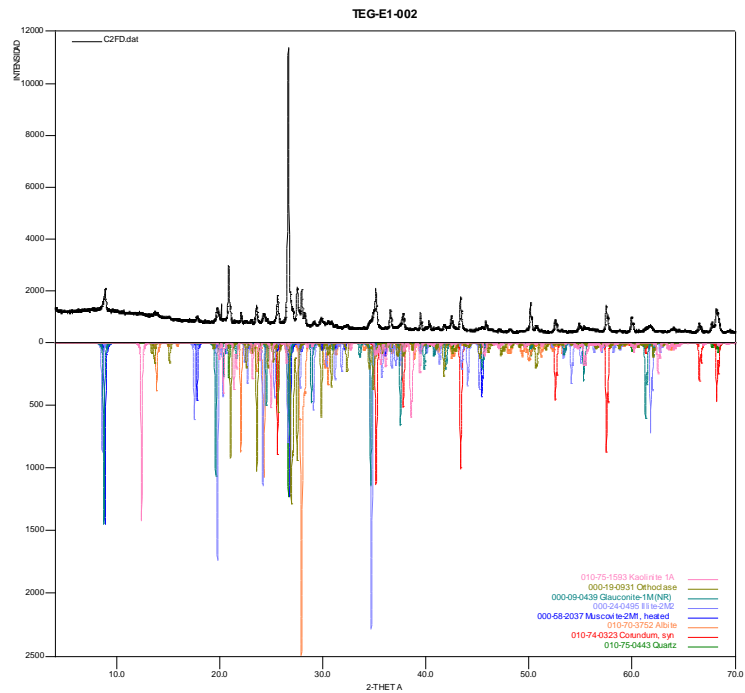
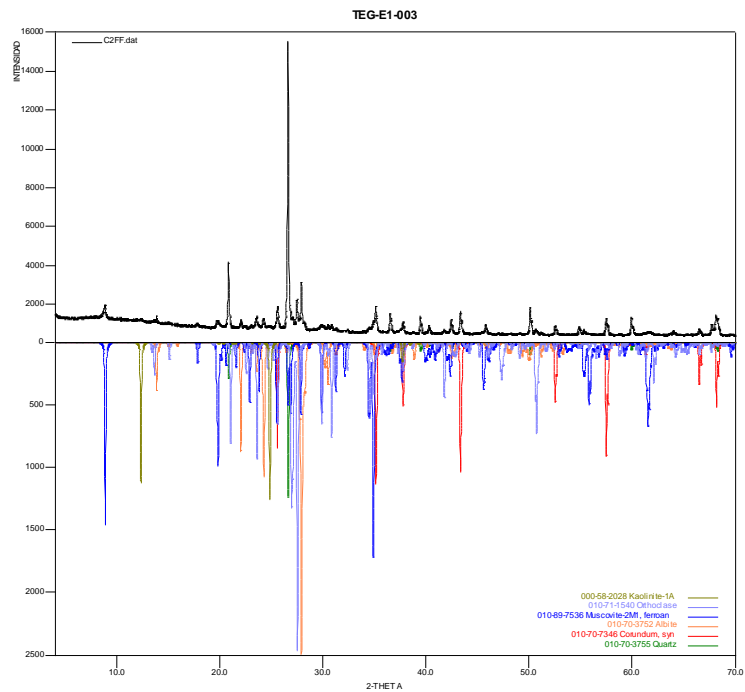


Figura 40. Difractograma para la muestra TEG-E1-003 (Riolita porfírica) sector Curos (A-1), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 14.



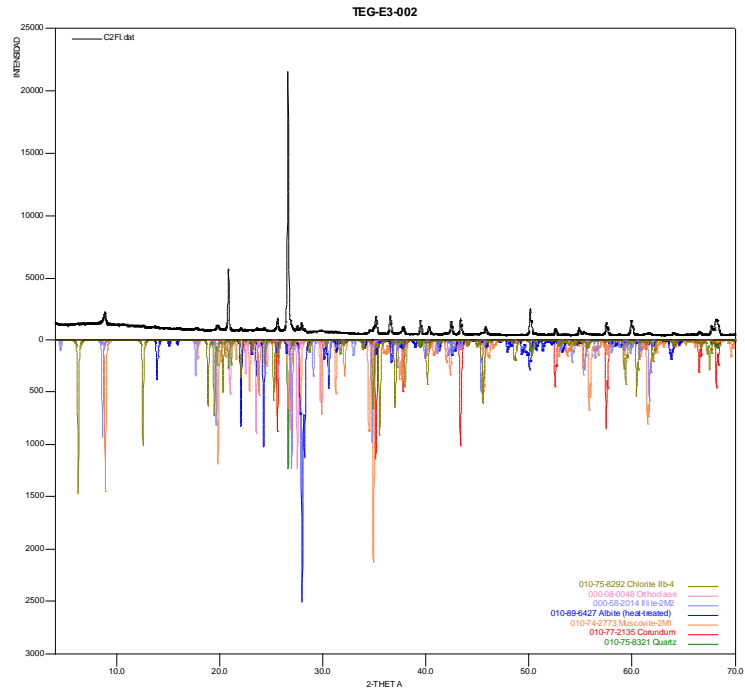
6.3. VENA DE CUARZO

De esta colección hace parte la muestra TEG-E3-002 tomada en el Sector (A-2). En la siguiente tabla se presenta en resumen los datos obtenidos de la muestra analizada a través de DRX. Entre las fases mineralógicas identificadas encontramos la mayor proporción en cuarzo además moscovita, ortoclasa, albita y minerales producto de alteración no cuantificados como la illita y la clorita, los minerales diferentes al cuarzo están presentes en esta vena debido a que la muestra tomada presenta relictos de la roca caja (Granito de Pescadero). Las fases mineralógicas son visibles en el difractograma de la respectiva muestra (Figura 41).

Tabla 15. Resultados obtenidos de DRX en la muestra de vena de cuarzo mostrando las fases minerales presentes.

PESCADERO		
Fase mineral	Formula	Porcentaje
Cuarzo	Si O_2	66.9 %
Ortoclasa	$\text{K (Al, Fe) Si}_2 \text{ O}_8$	6.7 %
Albita	$\text{Na (Al Si}_3 \text{ O}_8 \text{)}$	5.9 %
Moscovita	$\text{K Al}_2 \text{ (Si, Al)}_4 \text{ O}_{10} \text{ (OH)}_2$	15.0 %
Illita	$\text{(K, H}_{30} \text{) Al}_2 \text{ (Si}_3 \text{ Al) O}_{10} \text{ (OH)}_2 \cdot \text{X H}_2\text{O}$	N.C
Clorita	$\text{(Mg}_{11.06} \text{ Fe}_{0.94} \text{) ((Si}_{5.22} \text{ Al}_{2.78} \text{) O}_{20} \text{ (OH)}_{16} \text{)}$	N.C

Figura 41. Difractograma para la muestra TEG-E3-002 (Vena de cuarzo), en el cual se reconocen los minerales relacionados en la Tabla 15.



7. GEOQUÍMICA

En este capítulo se presentan las características geoquímicas de 6 muestras, las cuales fueron seccionadas como las más representativas de cada sector donde se realizó en estudio, (TEG-E1-001, EG-E1-003, TEG-E3-001, TEG-E4-001, TEG-E5-001 y TEG-E6-002). El propósito del análisis geoquímico realizado a las muestras es establecer su serie y con respecto a esta información hallar su contexto geotectónico de formación, con ello establecer si hay alguna diferencia o similitud de formación con las muestras de roca tomadas en Curos y Berlín; además determinar algunas características representativas de los magmas. Los análisis realizados se basan en la composición de elementos mayores, menores y trazas (MMT) para cada muestra. Los análisis geoquímicos fueron realizados en ALS Group, ubicado en Funza, Cundinamarca, utilizando fluorescencia de rayos X (FRX) para la determinación de los elementos mayores y espectrometría de masa en plasma inductivamente acoplado (ICP-MS) para los elementos traza y tierras raras. Para la interpretación de los datos geoquímicos se manejó el software IGPET 2005, para la elaboración de los diagramas de Harker, diagramas AFM y los diagramas spider para la normalización a condrito.

7.1. ANÁLISIS GEOQUÍMICO DE ÓXIDOS MAYORES

Para la interpretación de los datos de óxidos mayores se clasificaron de acuerdo a su concentración absoluta de sílice, saturación de alúmina, saturación de sílice y en contenido total de álcalis con el contenido total de sílice la cual corresponde a la Clasificación TAS (Total-álcalis-sílice), minerales normativos y series magmáticas. Para la elaboración de los análisis de óxidos mayores se utilizaron los diagramas de variación de Harker (1989), con el propósito de observar como los componentes principales químicos de la roca como CaO, Na₂O, K₂O, FeO, MgO, TiO₂, Al₂O₃, P₂O₅ varían respecto al contenido de SiO₂. Los datos de los óxidos se encuentran expresados en % peso; también se usa el diagrama AFM (álcalis+ hierro total + óxido de magnesio).

Los análisis geoquímicos se realizaron a 6 muestras representativas de los granitos aflorantes en los sectores Curos, Pescadero y Berlín. En la siguiente tabla se resume los sitios y tipos de rocas llevadas al laboratorio.

Tabla 16. Resumen de las rocas llevadas al laboratorio.

Localización	Tipo de roca	Muestra
Curos	Granito	TEG-E1-001
Curos	Riolita porfírica	TEG-E1-003
Pescadero	Granito	TEG-E3-001
Pescadero	Riolita porfírica	TEG-E4-001
Berlín	Granito	TEG-E5-001
Berlín	Granito	TEG-E6-002

Tabla 17. Resultados de Fluorescencia de rayos x, expresados en % en peso.

Compuesto químico	Curos (A-1)		Pescadero (A-2)		Berlín (B)	
	TEG-E1-001	TEG-E1-003	TEG-E3-001	TEG-E4-001	TEG-E5-001	TEG-E6-002
Al₂O₃	12,65	13	12,95	12,45	12,35	12,75
BaO	0,06	0,091	0,071	0,049	0,023	0,009
CaO	0,1	0,09	0,2	0,21	0,13	0,12
Cr₂O₃	0,004	0,003	0,005	0,005	0,003	0,003
Fe₂O₃	0,76	1,17	1,13	0,78	0,73	0,71
K₂O	5,1	4,93	4,84	5,17	4,62	5,11
MgO	0,08	0,24	0,21	0,05	0,09	0,06
MnO	0,052	0,082	0,054	0,031	0,03	0,027
Na₂O	2,73	1,805	3,27	3,39	3,17	3,35
P₂O₅	0,01	0,011	0,033	0,012	0,008	0,009
SiO₂	77,9	78,5	77,7	78,1	79	77,9
SrO	0,001	0,003	0,001	0,002	0,005	0,001
TiO₂	0,17	0,21	0,2	0,12	0,1	0,09
FeO	0,21	0,29	0,39	0,28	0,26	0,17
LOI	0,74	1,33	0,66	0,4	0,6	0,65

7.1.1. INDICE DE METEORIZACIÓN CIW

Un paso necesario en el análisis de datos geoquímicos es realizar el cálculo del índice de meteorización (CIW), este cálculo me permite medir en cierta forma el grado de pérdida de componentes móviles respecto a los componentes inmóviles, por lo cual se tiene en cuenta los elementos que durante la meteorización fueron lixiviados y los que se acumularon en residuos; para realizar este cálculo existe una fórmula propuesta por Harnois (1988), en la Tabla 18.se encuentra el valor de meteorización para cada muestra.

Formula de Harnois (1988): $CIW = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O)] * 100$

Tabla 18. Relación índice químico de meteorización (CIW), para las rocas analizadas.

	Curos (A-1)		Pescadero (A-2)		Berlín (B)	
	TEG-E1-001	TEG-E1-003	TEG-E3-001	TEG-E4-001	TEG-E5-001	TEG-E6-002
CIW	81,71835	87,27761	78,86724	77,57009	78,91374	78,60666

De acuerdo con los datos obtenidos en la Tabla 17. del cálculo del índice de meteorización se puede señalar que de las rocas llevadas al laboratorio se evidencian tres niveles de meteorización teniendo como el más elevado la muestra (TEG-E1-001 CIW= 87.27761) la cual corresponde al riolita porfirítica, muestra tomada en el sector de Curos, después se podría hablar de un nivel intermedio de meteorización para la muestra (TEG-E1-001 CIW= 81.71835), la cual corresponde al granito tomada en Curos, esta muestra se encuentra en contacto al granito porfirítico, por ultimo encontramos el nivel más bajo de meteorización para estas rocas (TEG-E3-001, TEG-E4-001, TEG-E5-001 y TEG-E6-002 CIW= 77,57009 - 78,91374), estas rocas fueron tomadas en los sectores de Pescadero y Berlín; para concluir se puede decir que las rocas que presentan mayor grado de meteorización y perdida de componentes encuentran en el sector de Curos, ya

que son las más cercanas a la Falla de Bucaramanga – Santa Marta, la cual pudo influenciar los procesos de alteración.

7.1.2. CONCENTRACIÓN DE SÍLICE

En las rocas magmáticas el SiO₂ constituye el óxido principal y sirve para su clasificación de estas mismas. Los resultados de SiO₂ obtenidos de los análisis químicos, clasifican las rocas graníticas y porfíricas (Granito de Pescadero), en una composición acida, lo que quiere decir que su contenido de sílice es superior a 66% en peso.

Tabla 19. Clasificación de rocas ígneas de acuerdo a la concentración de sílice expresada en % en peso.

Concentración de sílice (% en peso)	Nombre	Curos (A-1)		Pescadero (A-2)		Berlín (B)	
		TEG-E1-001	TEG-E1-003	TEG-E3-001	TEG-E4-001	TEG-E5-001	TEG-E6-002
> 66	Acida	X	X	X	X	X	X
52 – 66	Intermedia						
45 – 52	Básica						
45% o Menos	Ultrabásica						

7.1.3. SATURACIÓN DE ALÚMINA

El Al₂O₃ es el segundo elemento constituyente más abundante en la mayoría de las rocas ígneas, por lo que su utilidad en el criterio de clasificación química resulta muy útil, especialmente en rocas félsicas, tales como las rocas graníticas, las cuales son el objeto de estudio de la presente investigación.

El índice de álcalis, también definido como saturación de alúmina, define la relación molecular de $Al_2O_3 / (K_2O + Na_2O + CaO)$, la cual es utilizada como criterio de clasificación, y es útil en el análisis de los procesos evolutivos.

Tabla 20. Clasificación de rocas de acuerdo al índice de saturación de alúmina.

Nivel de saturación	Nombre	Cueros (A-1)		Pescadero (A-2)		Berlín (B)	
		TEG-E1-001	TEG-E1-003	TEG-E3-001	TEG-E4-001	TEG-E5-001	TEG-E6-002
$Al_2O_3 > K_2O + Na_2O + CaO$	Peralumínica	X	X	X	X	X	X
$Al_2O_3 < K_2O + Na_2O + CaO$	Metalumínica						
$Al_2O_3 > K_2O + Na_2O$	Peralcalinas						

Fuente: Shand (1927)

Según la relación $Al_2O_3 > K_2O + Na_2O + CaO$, se deduce que las rocas graníticas, presentes en los análisis geoquímicos se clasifican como peralumínicas, aunque exista una ausencia en minerales como los piroxenos y anfíboles en los análisis modales.

7.1.4. COMPOSICIÓN NORMATIVA CIPW

El cálculo de la composición normativa **CIPW** (propuesto por W. Cross, J.P. Inddings, L.V. Pirsson y H.S. Washintong), es utilizado en la geoquímica para calcular la mineralogía aproximada de las rocas de acuerdo a los resultados químicos de los análisis de roca total.

El procedimiento consiste en construir a partir de los resultados de análisis químicos, una composición normativa de minerales patrones formadores de rocas.

Para realizar este análisis se manejó el programa IGPET 2005, los datos están expresados en la Tabla 20.

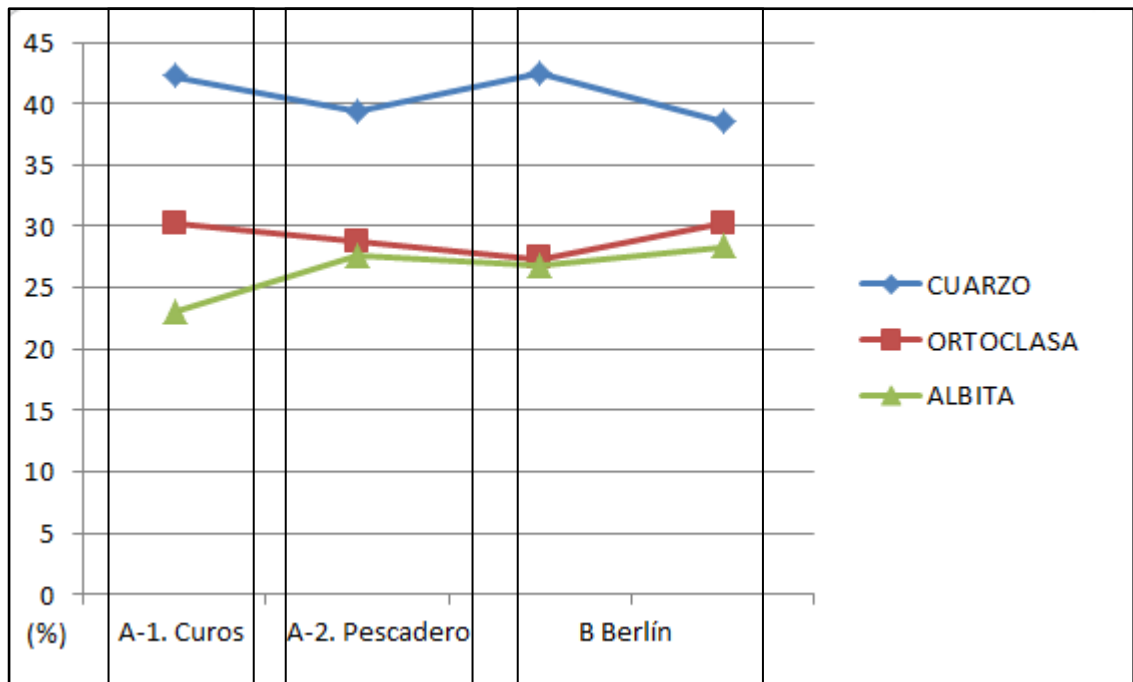
Tabla 21. Composición normativa de las rocas objeto de estudio.

Minerales normativos	Curos (A-1)		Pescadero (A-2)		Berlín (B)	
	TEG-E1-001	TEG-E1-003	TEG-E3-001	TEG-E4-001	TEG-E5-001	TEG-E6-002
% AN	01,83	02,39	02,73	03,25	02,35	02,06
CUARZO	42,15	48,54	39,45	38,07	42,45	38,51
ORTOCLASA	30,29	29,36	28,78	30,67	27,36	30,20
ALBITA	23,10	15,27	27,67	28,69	26,82	28,35
ANORTITA	0,43	0,37	0,78	0,96	0,64	0,60
CORINDON	2,44	4,50	2,00	0,89	1,88	1,49
HIPERSTENA	0,20	0,60	0,52	0,12	0,22	0,15
MAGNETITA	0,35	0,59	0,85	0,66	0,65	0,38
ILMENITA	0,32	0,40	0,38	0,23	0,19	0,17
APATITO	0,02	0,03	0,08	0,03	0,00	
HEMATITA	0,52	0,76	0,54	0,33	0,28	0,45

De la composición normativa CIPW, realizada a las a las muestras de granito de los Sectores A y B, se consigue determinar que las rocas no presentan una diferencia considerable en el porcentaje mineral del cuarzo, la ortoclasa y la plagioclasa, hay que tener en cuenta que esta comparación se basó en datos

tomados del análisis Fluorescencia de rayos x, expresados en % en peso desarrollados en el programa IGPET 2005 (Figura 42).

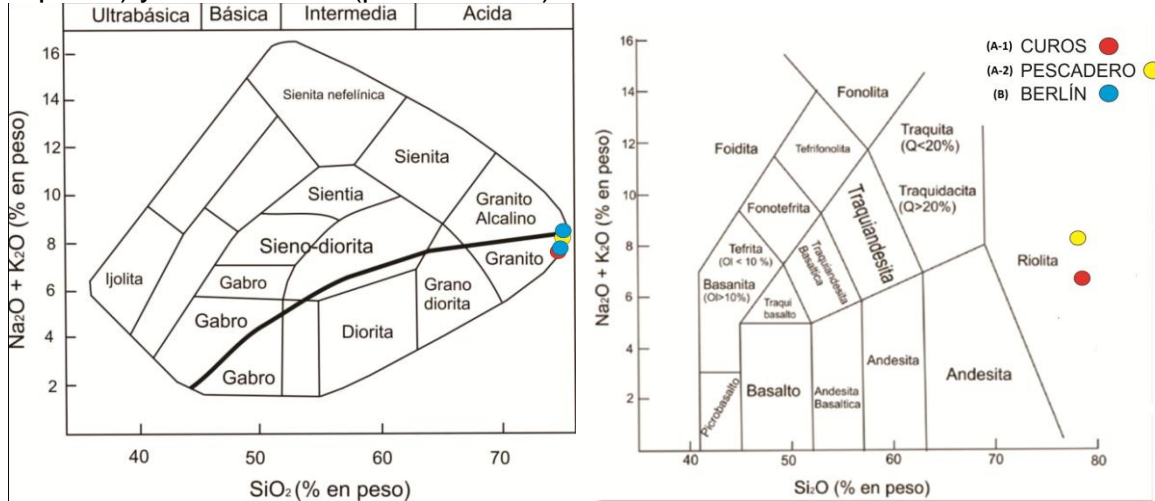
Figura 42. Grafica de los porcentajes de minerales en roca, basados en datos de análisis de Fluorescencia de rayos x.



7.1.5. CLASIFICACIÓN TAS

Clasificación del TAS puede ser utilizada para asignar nombres a muchos tipos comunes de rocas volcánicas y plutónicas, basado sobre las relaciones entre el contenido total de álcalis y el contenido total de sílice. Estos parámetros químicos son útiles, porque las proporciones relativas de álcalis y de sílice desempeñan un papel importante en la determinación de la mineralogía real y mineralogía normativa. Los datos necesarios para la realización de la clasificación de la roca son tomados directamente de los resultados entregados por el laboratorio. Una cuestión a tener presente antes de graficar los valores de álcalis y sílice, es tener en cuenta si la roca es volcánica o plutónica. Las muestras dan en los campos de granito, límite entre granito -granito alcalino y las volcánicas dan en el campo de las riolitas.

Figura 43. Clasificación química y nomenclatura de rocas ígneas, usando el diagrama de proyección de los álcalis versus sílice (TAS). Diagrama de rocas plutónicas y volcánicas. La línea gruesa subdivide las rocas alcalinas (parte superior) y subalcalinas (parte inferior).

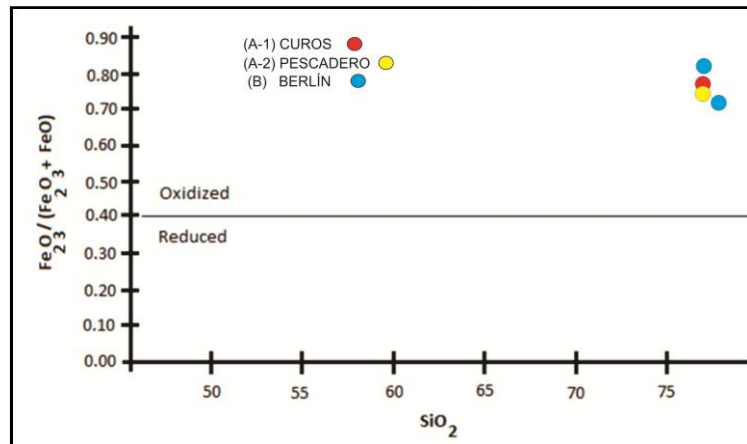


Fuente: Rollinson (1993) y Le Maitre (1989).

7.1.6. ESTADO DE OXIDACIÓN DEL MAGMA

El magma formador de las rocas de estudio corresponde a un fundido oxidado como se indica en la figura 44, lo que muestra que corresponde a una zona de subducción, con gran contenido e influencia de agua, y además con muy bajo contenido de minerales máficos.

Figura 44. Diagrama de caracterización del magma (oxidante – reductor).

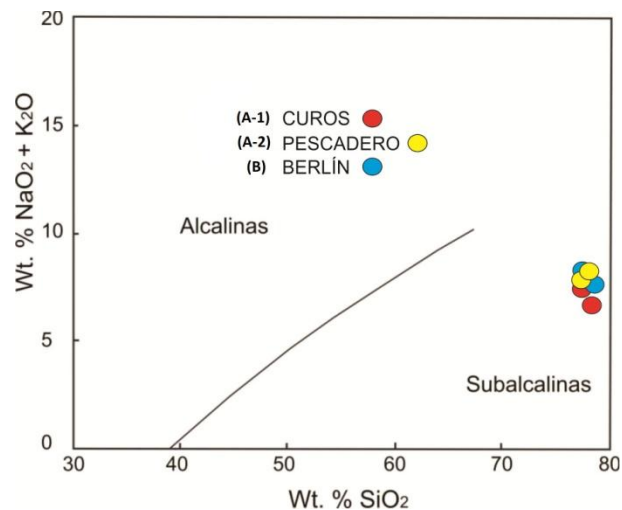


7.1.7. SERIES MAGMÁTICAS

Para determinar las series magmáticas de las muestras analizadas, se debe usar la composición de los álcalis vs. el porcentaje en peso del sílice, estos valores se encuentran proyectados en la Figura 45. las muestras se encuentran en el campo de la serie subalcalina, teniendo en cuenta lo anterior y para obtener un segundo criterio se ubican las muestras en el diagrama AFM en el cual su comportamiento es reflejado en la zona calco alcalina como se observa en la figura 42. finalmente para obtener más detalle acerca de la serie de las muestras, se emplea el diagrama de proyección de K_2O vs. SiO_2 siendo las bandas grises los campos en los cuales caen los límites entre series. En este diagrama las muestras quedan ubicadas en el campo correspondiente a la serie calco-alcalina alta en potasio como se puede observar en la Figura 47.

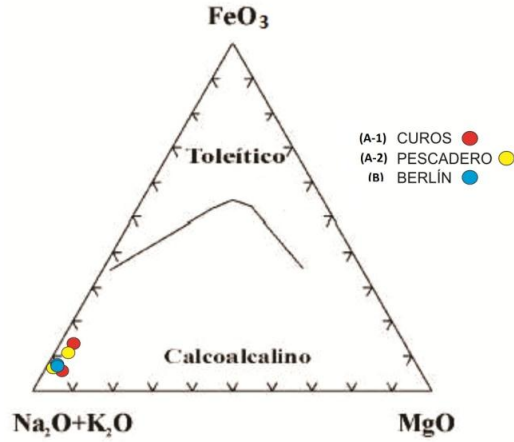
La clasificación de las rocas nos indica su origen a un ambiente de subducción de margen de placa convergente de magma calco alcalino.

Figura 45. Diagrama álcalis vs. sílice. Línea de división de series alcalina/subalcalina.



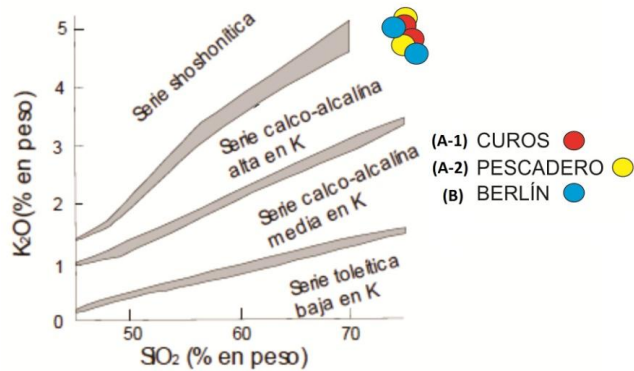
Fuente: Irvine y Baragar (1971).

Figura 46. Diagrama AFM de distinción entre serie toleítica y calco-alcalina, para las rocas graníticas.



Fuente: Irving y Baragar (1971).

Figura 47. Subdivisión de rocas subalcalinas, usando el diagrama de proyección K₂O versus SiO₂, las bandas grises son los campos en los cuales caen los límites entre series.

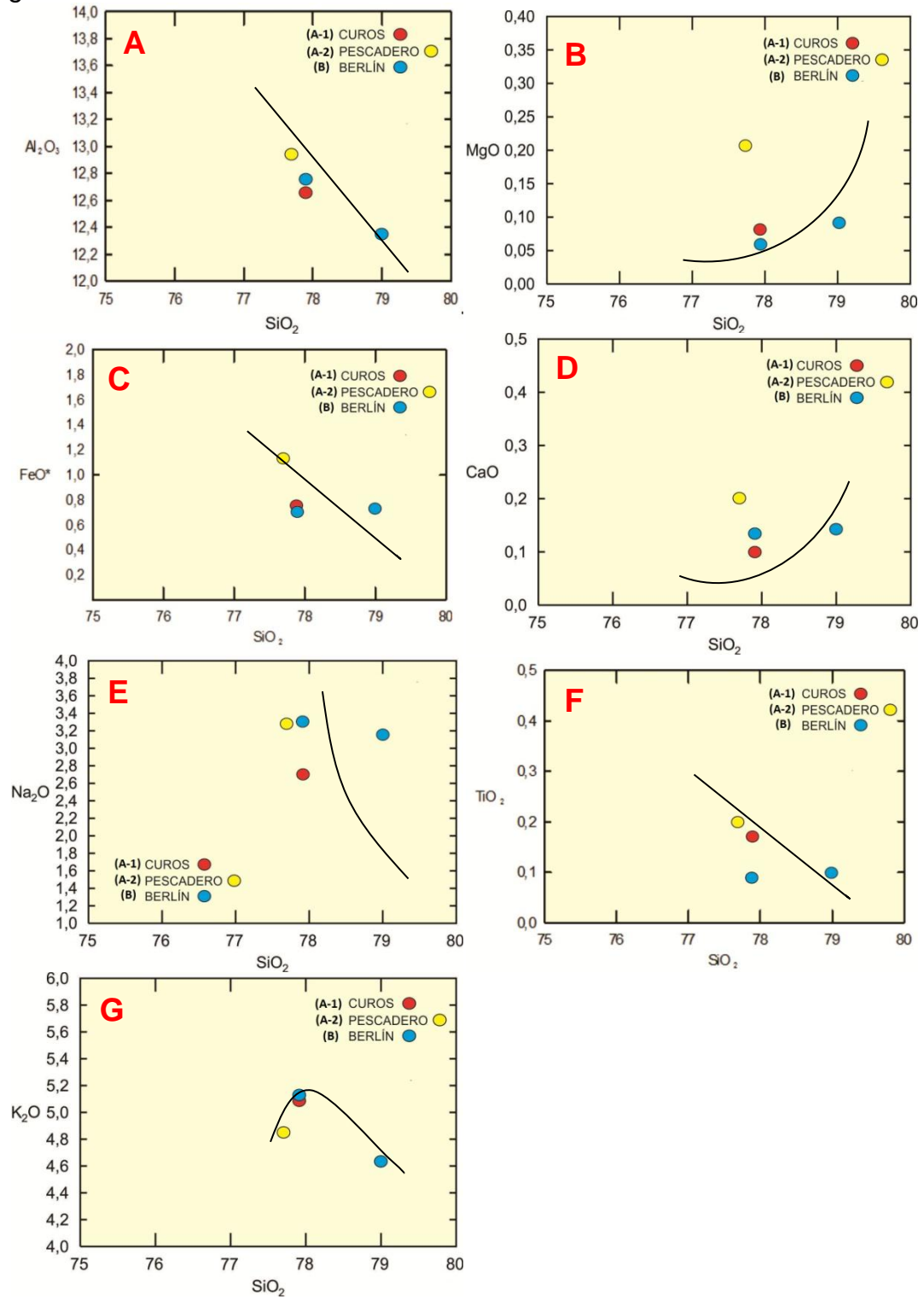


Fuente: Irvine y Baragar (1971), modificado de Rollinson (1993)

7.1.8. DIAGRAMAS DE VARIACIÓN

Los diagramas de variación de Harker comparan los contenidos en sílice respecto de los demás óxidos, porque las rocas más pobres en SiO_2 estarían más cerca de la composición del magma original. Con estos diagramas se puede determinar la evolución del magma de acuerdo con la cristalización fraccionada de minerales.

Figura 48. Diagramas de variación de Harker; Óxidos vs Sílice para las rocas graníticas.



7.2. ANÁLISIS GEOQUÍMICO DE ELEMENTOS TRAZA

Los análisis de los resultados de los elementos traza se basan en aragnigramas o diagramas tipo spider, con los datos normalizados son muy útiles a la hora de identificar los ambientes tectónicos de formación y evolución de las rocas objeto de estudio. En la siguiente tabla están presentes los datos de los resultados entregados por el laboratorio.

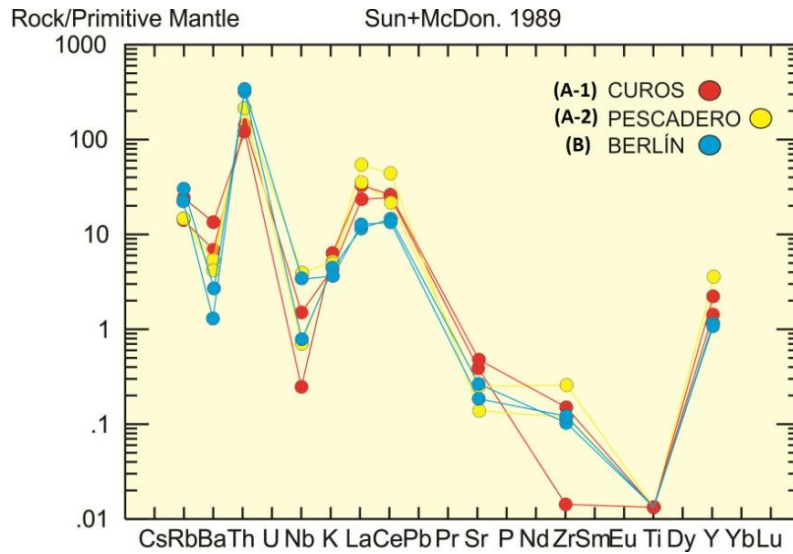
Tabla 22. Resultados arrojados del análisis químico de ICP-MS expresados en ppm y %.

Traza	Cueros (A-1)		Pescadero (A-2)		Berlín (B)	
	TEG-E1-001	TEG-E1-003	TEG-E3-001	TEG-E4-001	TEG-E5-001	TEG-E6-002
Ag	0,01	0,02	<0.01	0,01	0,02	<0.01
Al%	0,24	0,33	0,26	0,16	0,2	0,21
As	0,1	<0.1	0,1	<0.1	<0.1	0,3
Au	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
B	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ba	50	100	40	30	20	<10
Be	0,41	1,52	0,81	0,3	1,34	0,57
Bi	0,06	0,09	0,04	0,05	0,33	0,15
Ca	0,02	0,02	0,11	0,08	0,02	0,01
Cd	0,02	0,01	0,01	0,1	0,02	0,07
Ce	44,6	51	79,8	38,9	29,9	19,25
Co	0,1	0,5	0,5	0,4	0,6	0,3
Cr	1	1	2	3	1	2
Cs	0,9	1,2	0,66	0,26	2,11	0,91
Cu	0,7	1,1	1,4	2,8	1,1	0,7
Fe%	0,32	0,38	0,54	0,44	0,35	0,37
Ga	1,01	1,06	2,03	0,81	1,03	1,07
Ge	<0.05	0,05	0,07	<0.05	<0.05	<0.05
Hf	0,03	0,09	0,07	0,11	0,07	0,08
Hg	<0.01	<0.01	0,01	<0.01	<0.01	<0.01
In	<0.005	<0.005	0,011	0,006	<0.005	<0.005
K%	0,11	0,18	0,13	0,12	0,11	0,09
La	16,7	23,2	39,4	21,8	9,9	9,8
Li	2,9	1,5	3,9	1	1	1,3

Mg%	<0.01	0,01	0,05	0,01	0,01	<0.01
Mn	304	512	365	196	193	169
Mo	0,28	1,05	0,59	1,2	0,26	0,34
Na%	0,03	0,01	0,02	0,04	0,03	0,03
Nb	1,25	0,18	2,84	0,49	0,54	2,59
Ni	0,8	0,4	0,8	0,7	0,5	0,7
P	20	30	120	40	20	20
Pb	2,4	2,5	2,5	1,7	49,1	35,9
Rb	9	17,1	10,5	9,6	19,8	15
Re	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
S	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	<0.01
Sb	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Sc	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,9
Se	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Sn	0,4	<0.2	0,2	0,2	<0.2	0,2
Sr	9,2	11	3,1	5,1	5,9	4,1
Ta	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Te	<0.01	0,01	<0.01	0,01	<0.01	<0.01
Th	12,6	10,7	18	17,7	28,1	29,4
Ti%	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Tl	0,06	0,08	0,05	0,07	0,07	0,06
U	1,41	2,08	2,39	1,44	4,54	7,62
V	1	1	2	1	1	1
W	0,17	0,06	0,22	0,05	0,07	0,27
Y	8,02	10,65	17,1	5,56	5,56	5,36
Zn	7	15	18	12	5	6
Zr	0,7	1,9	1,4	3	1,3	1,5

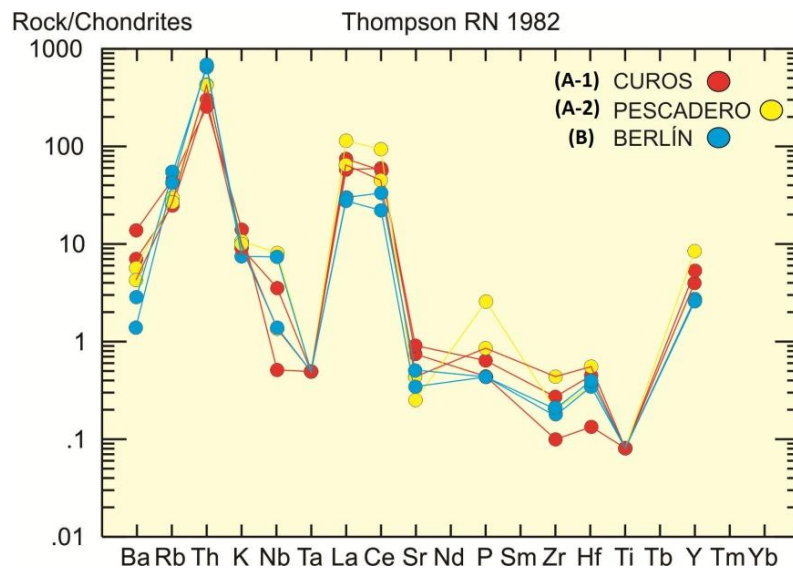
El diagrama tipo spider normalizado a elementos incompatibles respecto al manto primitivo, muestra un alto contenido de elementos móviles e incompatibles como el caso de Rb, Ba y K, también presenta una anomalía por los bajos contenidos de Nb, lo que me indica una evidencia geoquímica de arcos volcánicos (Figura 49).

Figura 49. Elementos traza normalizados al manto primitivo.



En diagrama normalizado respecto al condrito se evidencia un claro enriquecimiento de Ce y en menor proporción de P, lo cual me indica que las rocas del presente estudio son de carácter calco alcalino, como se observa en el diagrama AFM (Rollinson, 1993)(Figura 50).

Figura 50. Elementos traza normalizados respecto al condrito.



Para corroborar lo antes dicho a cerca del ambiente tectónico de los granitos, se usaron los diagramas Nb vs. Y (Pearce et al., 1984), el cual me permitió demostrar que el Granito de Pescadero, se generó debido a un ambiente tectónico de arco volcánico; aunque este diagrama Nb-Y, no me discrimina bien entre los granitos de arcos volcánicos y granitos sin colisionales, por ello, las muestras se proyectaron también en el diagrama Rb vs. Y+Nb, ya que estos elementos me permiten conocer mejor el ambiente tectónico (Figuras 51 - 52).

Figura 51. Diagramas Nb vs Y propuesto por Pearce *et al.*, (1984). Usados para la descripción del ambiente tectónico a través de las muestras.

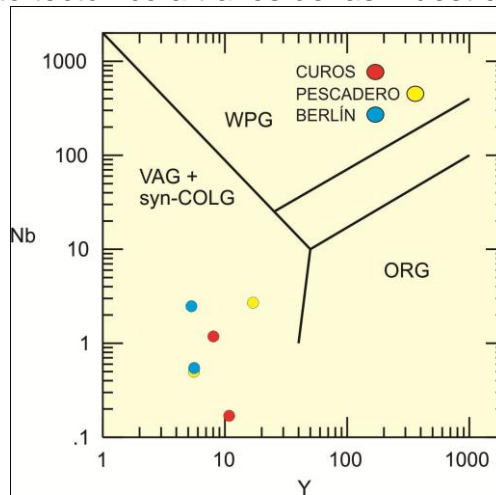
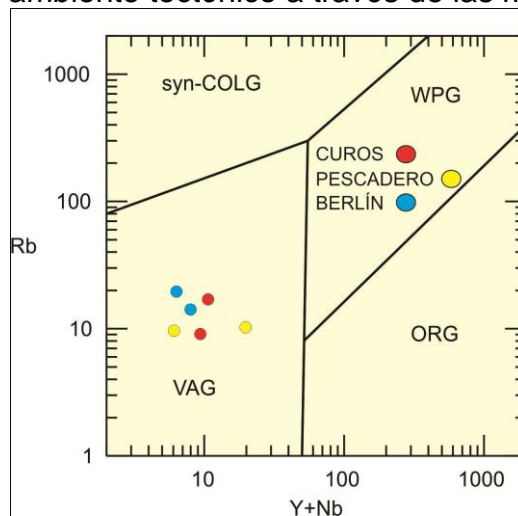


Figura 52. Diagramas Rb vs Y+Nb propuesto por Pearce *et al.*, (1984). Usado para la descripción del ambiente tectónico a través de las muestras.



7.3. CONSIDERACIONES SOBRE POSIBLES CONCENTRACIONES ANÓMALAS DE ELEMENTOS

Con el propósito de reconocer posibles concentraciones anómalas de los elementos analizados en las muestras del sector objeto de estudio, se tendrá presente la composición media de cada uno de los elementos en la corteza terrestre, es decir, se tendrá como referencia el Clarck.

En este sentido, en la Tabla 23, se relaciona la concentración de los elementos de la corteza terrestre, y posteriormente se analizará cuáles de ellos pueden considerarse con concentraciones por encima del valor normal (sin llegar esto a decir que hayan alcanzado concentraciones económicas).

Tabla 23. Abundancia de los elementos en la corteza terrestre.

ELEMENTO	ppm	ppb	ELEMENTO	ppm	ppb
H	1500	1500000	Rb	60	60000
He	0,0055	5.5	Sr	360	360000
Li	17	17000	Y	29	29000
Be	1,9	1900	Zr	130	130000
B	8,7	8700	Nb	17	17000
Na	23000	23000000	Mo	1,1	1100
Mg	29000	29000000	Ag	0,08	80
Al	82000	82000000	Cd	0,15	150
P	1000	1000000	In	0,16	160
S	420	420000	Sn	2,2	2200
K	15000	15000000	Sb	0,2	200
Ca	50000	50000000	Te	0,001	1.0
Sc	26	26000	Cs	1,9	1900
Ti	6600	6600000	Ba	340	340000
V	190	190000	Hf	3,3	3300
Cr	140	140000	Ta	1,7	1700
Mn	1100	1100000	W	1,1	1100
Fe	63000	63000000	Re	0,0026	2.6
Co	30	30000	Au	0,0031	3.1
Ni	90	90000	Hg	0,067	67
Cu	68	68000	Tl	0,53	530
Zn	79	79000	Pb	10	10000
Ga	19	19000	Bi	0,025	25
Ge	1,4	1400	La	34	34000
As	2,1	2100	Ce	60	60000
Se	0,05	50	Th	6	6000

Tomado de: http://www.webelements.com/periodicity/abundance_crust/.

Tomando en cuenta la abundancia media de los elementos en la corteza terrestre, se puede concluir de manera preliminar, que los elementos Pb, Th y U, parecen mostrar contenidos muy por encima del Clark, y por lo tanto deben ser tenidos en cuenta para posibles consideraciones regionales de carácter exploratorio.

8. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos mediante la difracción de rayos X (DRX), fluorescencia de rayos X y el conteo manual mediante la petrografía, permitió clasificar las rocas de afinidad subvolcánicas encontradas en los sectores de Curos y Pescadero, como riolitas porfiríticas.
- Se identificaron las rocas objeto de estudio en los sectores de Curos, Pescadero y Berlín como litologías de tipo granítico – granito alcalino (próximas a éste límite), con la ayuda de los diagramas TAS.
- Las texturas reconocidas en los análisis de microscopía óptica en las rocas plutónicas de Curos son de tipo kelefítica, poiquilítica y micrográfica, esta última es la evidencia de que se produjo un emplazamiento de magmas en ambientes someros para el sector de Curos.
- En el análisis petrográfico de las riolitas porfiríticas del sector de Curos presenta cuarzos con embahiamiento posiblemente debido a la reacción que se genera en el proceso de la formación de la matriz en estas rocas.
- Durante el desarrollo de la investigación se encontraron rasgos petrográficos, mineralógicos, geoquímicos y de emplazamientos similares como: rasgos texturales, composición mineralógica entre otros, en los sectores de Pescadero y Berlín; teniendo en cuenta la diferencia de alturas entre Berlín (~3300 msnm) y Pescadero (~750msnm), manifiesta el carácter positivo (levantamiento) de la Falla de Bucaramanga en el bloque este (Bloque B) y el carácter negativo de su bloque oeste (Bloque A).
- Los diagramas tipo spider de elementos traza normalizados al mato primitivo reflejan un alto contenido de elementos móviles e incompatibles como el Rb, Ba y K, además muestran una anomalía negativa en el contenido de Nb, lo cual me sugiere una fusión y mezcla de la corteza continental, la cual hace parte en la formación de estas rocas.

- Los estudios geoquímicos de ICP de masas de las rocas graníticas en los tres sectores, permitió establecer su afinidad calco-alkalina alta en potasio, lo cual apunta a un ambiente de formación de estas litologías en un contexto de subducción de margen continental activo (granitos de arco Volcánico, según la relación Rb Vs Y+Nb).

9. RECOMENDACIONES

Con el fin de relacionar los cuerpos de los sectores A y B se recomienda realizar dataciones radiométricas en los cuerpos graníticos para precisar su edad.

Por otro lado, se recomienda realizar una cartografía detallada a lo largo de la Falla de Bucaramanga, para fines de reconocer la distribución espacial de las diferentes litologías ígneas, relacionadas con el magmatismo aquí estudiado (Juratrásico). Esto, para fines de conocer en que sectores se presentan mejor las litologías de ambientes más someros o volcánicos y en que sectores se preservan mejor las litologías más profundas. Este estudio, junto con los datos aquí presentados, ayudarían significativamente a diseñar estrategias de exploración de posibles mineralizaciones relacionadas con los *Oxide-Intrusion-Related Systems*.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Boinet, T. 1989. La Falla de Bucaramanga (Colombia), su función durante la Orogenia Andina. *Geología Norandina* (11): 3-10. Bogotá.
- Campbell. 1965. The Santa Marta wrench fault of Colombia and its regional setting. Fourth Caribbean Geological Conference. Memoir: 247-261. Trinidad.
- Candela, P. A. Review of Shallow, Ore-related Granites: Textures, Volatiles, and Ore Metals. Laboratory for mineral deposits research, department of geology, University of Maryland at college park, college park, USA
- Clavijo, J. 1993. Contribución al conocimiento de la geología de los Santanderes. Cuarto Simposio de Geología Regional. Ingeominas. Documento interno, 99 p. Bucaramanga.
- Clavijo, J., Royero, J. 2001. Mapa Geológico Generalizado Departamento de Santander, Memoria Explicativa, Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, Ingeominas, República de Colombia.
- CDMB. 2009. Estudio básico para la declaratoria de un área natural protegida en el Cañón del Chicamocha – jurisdicción CDMB. [artículo en Internet]
<http://www.cdmb.gov.co/web/dmdocuments/INFORME%20FINAL%20CHICAMUCHA.pdf>
- Conde Jairo. 2007. Estudio de las alteraciones postmagmáticas del intrusivo la Corona, municipio de la Victoria, departamento de Boyaca. 156p. Tesis de pregrado: Universidad Industrial de Santander.
- Daconte, R. y Salinas, R. 1980. Geología de las planchas 66, Miraflores y 76, Ocaña. Ingeominas, Informe 1844, 105 p. Bucaramanga.
- INGEOMINAS. 2005. Caracterización de unidades litogeoquímicas de la cordillera Occidental, fase 1, plancha 156. Bogotá, [artículo en Internet]
http://www.ingeominas.gov.co/index2.php?option=com_docman&task=doc_view

- INGEOMINAS. 2001. Mapa Geológico Generalizado Departamento de Santander, Memoria Explicativa, Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, Geominas, República de Colombia.
- Julivert, M. 1958. La morfoestructura de la zona de Mesas al SW de Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Boletín de Geología, (1): 7-44.
- Kerr, P. 1965. Mineralogia Optica. Traducido por Jose Huidobro. 3 ed. New York.: McGraw-Hill.
- León. 1991. Mapa Geológico del Departamento de Santander. Escala 1:800.000. Universidad Industrial de Santander. Boletín de Geología, 20 (35): 53-63.
- López, L. 2007. Clasificación de Rocas Ígneas y Sedimentarias con elementos mayores. [Artículo en internet] <http://www.u-cursos.cl/ingenieria/Elementos-may>
- Mackenzie, W.S., Donaldson, C.H., Guilford, C. Atlas of igneous rocks and their textures.
- Mantilla Figueroa, L. C. 2003. Guía de Laboratorios de petrología Ignea. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Fisicoquímicas. Escuela de Geología. Pp. 2-25, 74-78, 116-118.
- Mantilla, L. C.; Valencia, V.; Barra, F.; Pinto, J.; Colegial, J. 2009. Geocronología U-Pb de los cuerpos porfiríticos del distrito aurífero de Vetas-California (Dpto. de Santander, Colombia). En: Boletín de Geología, Vol. 31, N°1., pp. 31-43
- Mathur, R. et al 2003. Re-Os isotopes applied to the epithermal gold deposits near Bucaramanga, northeastern Colombia. En: Journal of South American EarthSciences, N° 15, pp. 815-821.
- Mier Umaña, R. 1990. Manual de Laboratorio de Mineralogía Optica. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Fisicoquímicas. Escuela de Geología. pp 64-78.

- París, G. y Sarria, A. 1988. Proyecto Geofísico del Nordeste Colombiano. Ingeominas. Informe interno (inédito), 48 p. Cali.
- Rios, C., Castellanos, O. 2005. Atlas de minerales vistos bajo el microscopio de luz transmitida. Bucaramanga.: Ediciones UIS.
- Rollinson, F. 1996. Using Geochemical data: Evaluation, presentation, interpretation, Longman. 314 p.
- Royero, J. M. 1994. Geología de la Plancha 65, Tamalameque (Departamentos del Cesar y Bolívar). Ingeominas. Memoria Explicativa. En proceso de publicación, 76 p. Bucaramanga.
- Suárez, C., Villalba, R., López, H., Restrepo, J., Ardila, E., Gualdrón, J., Zapata, E. 2008. Conservación y Manejo Sostenible del Páramo de Berlín. Unidad Biogeográfica de Santurbán, Mediante la declaratoria de un área de Manejo Especial. Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. 7p.
- Vargas, G. y Niño, A. 1992. Patrones de fracturamiento asociados a la Falla de Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Tesis, 95 p. Bucaramanga.
- Ward, D., Goldsmith, R., Cruz, J., Restrepo, H. Geología de los cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona departamento de Santander. En: Boletín Geológico. 1973 Vol. XXI N° 1-3.

EN LA WEB

- Google Earth
- <http://maps.google.com/>
- <http://www.gl.fcen.uba.ar/documentos/granitos.pdf>
- <http://www.gl.fcen.uba.ar/documentos/granitos.pdf>

ANEXO 1



ALS Colombia Ltda.
 Parque Agroindustrial Perú
 Bodega No. 4 (Km 2 via Siberia)
 Funza, Cundinamarca
 Phone: (+)57 1 826 1635 www.alsglobal.com

To: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 CARRERA 27 CALLE 9
 BUCARAMANGA NORTE DE SANTANDER

Page: 1
 Finalized Date: 12- OCT- 2010
 Account: VERSIS

CERTIFICATE BG10112190

Project: MACIZO DE SANTANDER
 P.O. No.:
 This report is for 6 Rock samples submitted to our lab in Bogota, Colombia on 1- OCT- 2010.
 The following have access to data associated with this certificate:
 EVER GONZALEZ NHORA MANCILLA

SAMPLE PREPARATION

ALS CODE	DESCRIPTION
WEI- 21	Received Sample Weight
LOG- 22	Sample login - Rod w/o BarCode
CRU- QC	Crushing QC Test
PUL- QC	Pulverizing QC Test
CRU- 31	Fine crushing - 70% < 2mm
SPL- 21	Split sample - riffle splitter
PUL- 31	Pulverize split to 85% < 75 um

ANALYTICAL PROCEDURES

ALS CODE	DESCRIPTION
Fe- VOL05	FeO (Ferrous Iron)
ME- MS41	51 anal. aqua regia ICPMS
ME- XRF12st	Whole rock by XRF- selected analytes XRF
OA- GRA05	Loss on Ignition at 1000C WST- SEQ

To: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ATTN: EVER GONZALEZ
 CARRERA 27 CALLE 9
 BUCARAMANGA NORTE DE SANTANDER

This is the Final Report and supersedes any preliminary report with this certificate number. Results apply to samples as submitted. All pages of this report have been checked and approved for release.

Signature: 
 Milder Mascaraqui, Laboratory Manager, Peru



ALS Colombia Ltda.
 Parque Agroindustrial Perú
 Bodega No. 4 (Km 2 via Siberia)
 Funza, Cundinamarca
 Phone: (+)57 1 826 1635 www.alsglobal.com

To: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 CARRERA 27 CALLE 9
 BUCARAMANGA NORTE DE SANTANDER

Page: 2 - A
 Total # Pages: 2 (A - E)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 12- OCT- 2010
 Account: VERSIS

Project: MACIZO DE SANTANDER

CERTIFICATE OF ANALYSIS BG10112190

Sample Description	Method Analyte Units LOR	WEI- 21	ME-XRF12st	ME-XRF12st	ME-XRF12st	ME-XRF12st	ME-XRF12st	ME-XRF12st	ME-XRF12st	ME-XRF12st	ME-XRF12st	ME-XRF12st	ME-XRF12st	ME-XRF12st	ME-XRF12st	OA- GRA05
		Recvd Wt:	Al2O3	BaO	CaO	Cr2O3	Fe2O3	K2O	MgO	MnO	Na2O	P2O5	SiO2	SrO	TiO2	LOI
		kg	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
		0.02	0.01	0.001	0.01	0.001	0.01	0.001	0.001	0.001	0.001	0.01	0.001	0.01	0.01	0.01
TEC- E1- 001		0.28	12.65	0.060	0.10	0.004	0.76	5.10	0.08	0.052	2.73	0.010	77.9	0.001	0.17	0.74
TEC- E1- 003		0.33	13.00	0.091	0.09	0.003	1.17	4.93	0.24	0.082	1.805	0.011	78.5	0.003	0.21	1.33
TEC- E3- 001		0.34	12.95	0.071	0.20	0.005	1.13	4.84	0.21	0.054	3.27	0.033	77.7	0.001	0.20	0.66
TEC- E4- 001		0.35	12.45	0.049	0.21	0.005	0.78	5.17	0.05	0.031	3.39	0.012	78.1	0.002	0.12	0.40
TEC- E5- 001		0.28	12.35	0.023	0.13	0.003	0.73	4.62	0.09	0.030	3.17	0.008	79.0	0.005	0.10	0.60
TEC- E6- 002		0.40	12.75	0.009	0.12	0.003	0.71	5.11	0.06	0.027	3.35	0.009	77.9	0.001	0.09	0.65

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Colombia Ltda.
 Parque Agroindustrial Perú
 Bodega No. 4 (Km 2 via Siberia)
 Funza, Cundinamarca
 Phone: (+)57 1 826 1635 www.alsglobal.com

To: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 CARRERA 27 CALLE 9
 BUCARAMANGA NORTE DE SANTANDER

Page: 2 - C
 Total # Pages: 2 (A - E)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 12- OCT- 2010
 Account: VERSIS

Project: MACIZO DE SANTANDER

CERTIFICATE OF ANALYSIS BG10112190

Sample Description	Method Analyte Units LOR	ME-MS41	ME-MS41	ME-MS41	ME-MS41	ME-MS41	ME-MS41	ME-MS41	ME-MS41	ME-MS41	ME-MS41	ME-MS41	ME-MS41	ME-MS41	ME-MS41	ME-MS41	ME-MS41
		Cu ppm	Fe %	Ca ppm	Ge ppm	Hf ppm	Hg ppm	In ppm	K %	La ppm	Li ppm	Mg %	Mn ppm	Mo ppm	Na %	Nb ppm	
TEC-E1-001		0.7	0.32	1.01	<0.05	0.03	<0.01	<0.005	0.11	16.7	2.9	<0.01	304	0.28	0.03	1.25	
TEC-E1-003		1.1	0.38	1.06	0.05	0.09	<0.01	<0.005	0.18	23.2	1.5	0.01	512	1.05	0.01	0.18	
TEC-E3-001		1.4	0.54	2.03	0.07	0.07	0.01	0.011	0.13	39.4	3.9	0.05	365	0.59	0.02	2.84	
TEC-E4-001		2.8	0.44	0.81	<0.05	0.11	<0.01	0.006	0.12	21.8	1.0	0.01	196	1.20	0.04	0.49	
TEC-E5-001		1.1	0.35	1.03	<0.05	0.07	<0.01	<0.005	0.11	9.9	1.0	0.01	193	0.26	0.03	0.54	
TEC-E6-002		0.7	0.37	1.07	<0.05	0.08	<0.01	<0.005	0.09	9.8	1.3	<0.01	169	0.34	0.03	2.59	

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Colombia Ltda.
 Parque Agroindustrial Perú
 Bodega No. 4 (Km 2 via Siberia)
 Funza, Cundinamarca
 Phone: (+)57 1 826 1635 www.alsglobal.com

To: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 CARRERA 27 CALLE 9
 BUCARAMANGA NORTE DE SANTANDER

Page: 2 - B
 Total # Pages: 2 (A - E)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 12- OCT- 2010
 Account: VERSIS

Project: MACIZO DE SANTANDER

CERTIFICATE OF ANALYSIS BG10112190

Sample Description	Method Analyte Units LOR	Fe- VOL05	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41
		FeO %	Ag ppm	Al %	As ppm	Au ppm	B ppm	Ba ppm	Be ppm	Bi ppm	Ca %	Cd ppm	Ce ppm	Co ppm	Cr ppm	Cs ppm
TEC- E1- 001		0.21	0.01	0.24	0.1	<0.2	<10	50	0.41	0.06	0.02	0.02	44.6	0.1	1	0.90
TEC- E1- 003		0.29	0.02	0.33	<0.1	<0.2	<10	100	1.52	0.09	0.02	0.01	51.0	0.5	1	1.20
TEC- E3- 001		0.39	<0.01	0.26	0.1	<0.2	<10	40	0.81	0.04	0.11	0.01	79.8	0.5	2	0.66
TEC- E4- 001		0.28	0.01	0.16	<0.1	<0.2	<10	30	0.30	0.05	0.08	0.10	38.9	0.4	3	0.26
TEC- E5- 001		0.26	0.02	0.20	<0.1	<0.2	<10	20	1.34	0.33	0.02	0.02	29.9	0.6	1	2.11
TEC- E6- 002		0.17	<0.01	0.21	0.3	<0.2	<10	<10	0.57	0.15	0.01	0.07	19.25	0.3	2	0.91

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Colombia Ltda.
 Parque Agroindustrial Perú
 Bodega No. 4 (Km 2 via Siberia)
 Funza, Cundinamarca
 Phone: (+)57 1 826 1635 www.alsglobal.com

To: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 CARRERA 27 CALLE 9
 BUCARAMANGA NORTE DE SANTANDER

Page: 2 - D
 Total # Pages: 2 (A - E)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 12- OCT- 2010
 Account: VERSIS

Project: MACIZO DE SANTANDER

CERTIFICATE OF ANALYSIS BG10112190

Sample Description	Method Analyte Units LOR	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	
		Ni ppm	P ppm	Pb ppm	Rb ppm	Re ppm	S %	Sb ppm	Sc ppm	Se ppm	Sn ppm	Sr ppm	Ta ppm	Te ppm	Th ppm	Ti %
TEC- E1- 001		0.8	20	2.4	9.0	<0.001	0.01	<0.05	0.8	<0.2	0.4	9.2	<0.01	<0.01	12.6	<0.005
TEC- E1- 003		0.4	30	2.5	17.1	<0.001	0.01	<0.05	0.8	<0.2	<0.2	11.0	<0.01	0.01	10.7	<0.005
TEC- E3- 001		0.8	120	2.5	10.5	<0.001	0.01	<0.05	1.1	<0.2	0.2	3.1	<0.01	<0.01	18.0	<0.005
TEC- E4- 001		0.7	40	1.7	9.6	<0.001	0.01	<0.05	1.1	<0.2	0.2	5.1	<0.01	0.01	17.7	<0.005
TEC- E5- 001		0.5	20	49.1	19.8	<0.001	0.01	<0.05	0.8	<0.2	<0.2	5.9	<0.01	<0.01	28.1	<0.005
TEC- E6- 002		0.7	20	35.9	15.0	<0.001	<0.01	<0.05	0.9	<0.2	0.2	4.1	<0.01	<0.01	29.4	<0.005

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Colombia Ltda.
 Parque Agroindustrial Perú
 Bodega No. 4 (Km 2 via Siberia)
 Funza, Cundinamarca
 Phone: (+)57 1 826 1635 www.alsglobal.com

To: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 CARRERA 27 CALLE 9
 BUCARAMANGA NORTE DE SANTANDER

Page: 2 - E
 Total # Pages: 2 (A - E)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 12- OCT- 2010
 Account: VERSIS

Project: MACIZO DE SANTANDER

CERTIFICATE OF ANALYSIS BG10112190

Sample Description	Method Analyte Units LOR	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41	ME- MS41
		Ti ppm	U ppm	V ppm	W ppm	Y ppm	Zn ppm	Zr ppm
		0.02	0.05	1	0.05	0.05	2	0.5
TEC- E1- 001		0.06	1.41	1	0.17	8.02	7	0.7
TEC- E1- 003		0.08	2.08	1	0.06	10.65	15	1.9
TEC- E3- 001		0.05	2.39	2	0.22	17.10	18	1.4
TEC- E4- 001		0.07	1.44	1	0.05	5.56	12	3.0
TEC- E5- 001		0.07	4.54	1	0.07	5.56	5	1.3
TEC- E6- 002		0.06	7.62	1	0.27	5.36	6	1.5

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Colombia Ltda.
Parque Agroindustrial Perú
Bodega No. 4 (Km 2 via Siberia)
Funza, Cundinamarca
Phone: (+57 1 826 1635 www.alsglobal.com

To: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
CARRERA 27 CALLE 9
BUCARAMANGA NORTE DE SANTANDER

Page: Appendix 1
Total # Appendix Pages: 1
Finalized Date: 12- OCT- 2010
Account: VERSIS

Project: MACIZO DE SANTANDER

CERTIFICATE OF ANALYSIS BG10112190

Method	CERTIFICATE COMMENTS
ME- MS41	Gold determinations by this method are semi- quantitative due to the small sample weight used (0.5g).

ANEXO 2



Laboratorio de Difracción de Rayos-X

INF-056-10-4

Bucaramanga, Septiembre 20 de 2010

SEÑORES:

ESCUELA DE GEOLOGÍA

Atn: Dr. Luis Carlos Mantilla

Directordelproyecto 7429

UIS/Presente

Cordial saludo:

Por medio de la presente estoy haciendo entrega del resultado de los análisis cuantitativos por Difracción de Rayos-X de trece (13) muestras, identificadas como **“TEG-E1-001, TEG-E1-002, TEG-E1-003, TEG-E2-001, TEG-E2-002, TEG-E3-001, TEG-E3-002, TEG-E4-001, TEG-E4-002, TEG-E5-001, TEG-E6-001, TEG-E6-002 y TEG-E7-001”**.

Atentamente,

JOSÉ ANTONIO HENAO MARTÍNEZ

Director

Laboratorio de Difracción de Rayos-X

PQ 0321

Universidad Industrial de Santander, Escuela de Química, Laboratorio de Postgrado 111

Edificio Camilo Torres, Bucaramanga, PBX 6344000 Ext. 22 26, Telefax 6347166

Apartado Aéreo N° 678, Email: rayosx@uis.edu.co NIT 890. 201.213-4

METODOLOGÍA

1. Preparación y Montaje de las muestras

El espécimen seleccionado de cada muestra fue montado en un portamuestra de aluminio mediante la técnica de llenado frontal.

2. Toma de datos de difracción

Se realizó en un difractómetro de polvo marca PANalytical modelo X'PERT PRO MPD bajo las siguientes condiciones:

Voltaje	45(kV)
Corriente	40(mA)
Rendijas Soller	0.04 rad (Incidencia y Difracción)
Rendijas Fijas	1/4 y 1/8 (Incidencia) y 1/4 (Difracción)
Muestreo	0.013° 2theta
Rango de Medición	4-70° 2theta
Radiación	CuK α 1
Filtro	Ni
Detector	de estado sólido referencia PIXcel con 255 canales activos
Tipo de barrido	Continuo

3. Tipo de Análisis

Análisis Cualitativo

El análisis cualitativo de las fases presentes en la muestra se realizó mediante comparación del perfil observado con los perfiles de difracción reportados en la base de datos PDF-2 del *International Centre for Diffraction Data* (ICDD).

Análisis Cuantitativo

El análisis cuantitativo de las fases encontradas se realizó mediante el refinamiento por el Método de Rietveld del perfil observado habiéndole agregado a la muestra una cantidad conocida de un estándar interno (*Aluminum oxide*, -100mesh, 99%. *Corundum*, α -phase. Aldrich No. 23,474-5) correspondiente al 20%.

4. Información suministrada por el cliente

Análisis elemental: No.

Interés por alguna(s) fase(s) en particular: Identificación y cuantificación de fases cristalinas.

RESULTADOS

1. TEG-E1-001 (C2FC)

	FASE	No. TARJETA PDF-2	NOMBRE	CUANTITATIVO
Cristalinos	Si O_2	010-74-9758	Cuarzo	20.8 % (D.E = 0.1)
	$\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4$	000-58-2028	Caolinita	1.9 % (D.E = 0.1)
	$\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4$	000-29-1487	Halloisita	-
	$\text{K}_{0.7} \text{Al}_2 (\text{Si, Al})_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$	000-29-1496	Illita	N.C
	$\text{K Si}_3 \text{Al O}_8$	010-71-1540	Ortoclasa	24.2 % (D.E = 0.2)
	$\text{K}_{0.92} \text{Na}_{0.08} \text{Al}_{1.86} \text{Fe}_{0.14} \text{Mg}_{0.02} (\text{Al}_{0.97} \text{Si}_{3.03} \text{O}_{10}) (\text{OH})_{1.91} \text{F}_{0.09}$	010-73-9860	Moscovita Férrica	5.0 % (D.E = 0.2)
	$(\text{Na}_{0.98} \text{Ca}_{0.02}) (\text{Al}_{1.02} \text{Si}_{2.98} \text{O}_8)$	010-70-3752	Albita	37.5 % (D.E = 0.2)
	Ca CO_3	010-72-1650	Calcita	0.9 % (D.E = 0.1)
Total Cristalino				90.3 %
Amorfos y otros				9.7 %

2. TEG-E1-002 (C2FD)

	FASE	No. TARJETA PDF-2	NOMBRE	CUANTITATIVO
Cristalinos	Si O_2	010-75-0443	Cuarzo	29.8 % (D.E = 0.1)
	$\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4$	010-75-1593	Caolinita	3.4 % (D.E = 0.1)
	$\text{K Si}_3 \text{Al O}_8$	000-19-0931	Ortoclasa	17.9 % (D.E = 0.2)
	$\text{K Al}_2 (\text{Si, Al})_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$	000-58-2037	Moscovita	20.3 % (D.E = 0.3)
	$\text{K}_{0.7} \text{Al}_2 (\text{Si, Al})_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$	000-24-0495	Illita	N.C
	$(\text{Na}_{0.98} \text{Ca}_{0.02})(\text{Al}_{1.02} \text{Si}_{2.98} \text{O}_8)$	010-70-3752	Albita	13.0 % (D.E = 0.2)
Total Cristalino				84.4 %
Amorfos y otros				15.6 %

3. TEG-E1-003 (C2FF)

	FASE	No. TARJETA PDF-2	NOMBRE	CUANTITATIVO
Cristalinos	Si O_2	010-70-3755	Cuarzo	39.4 % (D.E = 0.2)
	$\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4$	000-58-2028	Caolinita	7.7 % (D.E = 0.2)
	$\text{K Al Si}_3 \text{O}_8$	010-71-1540	Ortoclasa	17.6 % (D.E = 0.2)
	$\text{K} (\text{Al, Fe})_2 \text{Al Si}_3 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$	010-89-7536	Moscovita Férrica	16.0 % (D.E = 0.2)
	$(\text{Na}_{0.98} \text{Ca}_{0.02})(\text{Al}_{1.02} \text{Si}_{2.98} \text{O}_8)$	010-70-3752	Albita	13.9 % (D.E = 0.1)
Total Cristalino				94.6 %
Amorfos y otros				5.4 %

4. TEG-E2-001 (C2FE)

	FASE	No. TARJETA PDF-2	NOMBRE	CUANTITATIVO
Cristalinos	Si O_2	000-46-1045	Cuarzo	23.1 % (D.E = 0.1)
	$\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4$	000-58-2028	Caolinita	3.7 % (D.E = 0.1)
	$\text{K Al Si}_3 \text{O}_8$	010-71-0956	Ortoclasa	22.2 % (D.E = 0.2)
	$\text{K Al}_2 (\text{Al Si}_3 \text{O}_{10}) (\text{OH})_2$	010-82-0576	Moscovita	5.5 % (D.E = 0.2)
	$(\text{Na}_{0.98} \text{Ca}_{0.02}) (\text{Al}_{1.02} \text{Si}_{2.98} \text{O}_8)$	010-70-3752	Albita	37.0 % (D.E = 0.2)
	$\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4$	000-29-1487	Halloisita	-
	Ca CO_3	010-72-1650	Calcita	1.0 % (D.E = 0.1)
	$(\text{K}, \text{H}_{30}) \text{Al}_2 (\text{Si}_3 \text{Al}) \text{O}_{10} (\text{OH})_2 \cdot \text{X H}_2\text{O}$	000-58-2017	Illita	N.C
Total Cristalino				92.5 %
Amorfos y otros				7.5 %

5. TEG-E2-002 (C2FG)

	FASE	No. TARJETA PDF-2	NOMBRE	CUANTITATIVO
Cristalinos	Si O_2	010-83-2465	Cuarzo	20.2 % (D.E = 0.1)
	$\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4$	000-58-2005	Caolinita	7.8 % (D.E = 0.2)
	Ca CO_3	010-72-1650	Calcita	1.1 % (D.E = 0.1)
	$\text{K Al Si}_3 \text{O}_8$	010-71-1540	Ortoclasa	14.5 % (D.E = 0.1)
	$\text{K Al}_2 (\text{Si, Al})_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$	000-58-2037	Moscovita	11.6 % (D.E = 0.3)
	$(\text{K, H}_{30}) \text{Al}_2 (\text{Si}_3 \text{Al}) \text{O}_{10} (\text{OH})_2 \cdot X \text{H}_2\text{O}$	000-58-2017	Illita	N.C
	$(\text{Na}_{0.98} \text{Ca}_{0.02}) (\text{Al}_{1.02} \text{Si}_{2.98} \text{O}_8)$	010-70-3752	Albita	36.5 % (D.E = 0.2)
Total Cristalino				91.7 %
Amorfos y otros				8.3 %

6. TEG-E3-001 (C2FH)

FASE		No. TARJETA PDF-2	NOMBRE	CUANTITATIVO
Cristalinos	Si O_2	000-46-1045	Cuarzo	32.6% (D.E = 0.)
	$(\text{Na}_{0.98} \text{Ca}_{0.02})(\text{Al}_{1.02} \text{Si}_{2.98} \text{O}_8)$	010-70-3752	Albita	34.1% (D.E = 0.)
	$\text{K Al Si}_3 \text{O}_8$	010-71-1540	Ortoclasa	13.3% (D.E = 0.)
	$\text{K Al}_2 (\text{Si, Al})_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$	000-58-2037	Moscovita	7.4% (D.E = 0.)
	$(\text{Mg}_{2.8} \text{Fe}_{1.7} \text{Al}_{1.2})(\text{Si}_{2.8} \text{Al}_{1.2}) \text{O}_{10} (\text{OH})_8$	000-07-0076	Clinocloro	5.4% (D.E = 0.)
	$(\text{K, H}_{30}) \text{Al}_2 (\text{Si}_3 \text{Al}) \text{O}_{10} (\text{OH})_2 \cdot \text{X H}_2\text{O}$	000-58-2017	Illita	N.C.
	Ca CO_3	010-72-1650	Calcita	1.5% (D.E = 0.)
Total Cristalino				94.3%
Amorfos y otros				5.7%

7. TEG-E3-002 (C2FI)

FASE		No. TARJETA PDF-2	NOMBRE	CUANTITATIVO
Cristalinos	Si O ₂	010-75-8321	Cuarzo	67.9% (D.E = 0.)
	K (Al, Fe) Si ₂ O ₈	000-08-0048	Ortoclasa	6.7% (D.E = 0.)
	Na (Al Si ₃ O ₈)	010-89-6427	Albita	5.9% (D.E = 0.)
	K Al ₂ (Si, Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂	010-74-2773	Moscovita	15.0% (D.E = 0.)
	(K, H ₃₀) Al ₂ (Si ₃ Al) O ₁₀ (OH) ₂ · X H ₂ O	000-58-2014	Illita	N.C.
	(Mg _{11.06} Fe _{0.94}) ((Si _{5.22} Al _{2.78}) O ₂₀ (OH) ₁₆)	010-75-8292	Clorita	N.C.
Total Cristalino				94.5%
Amorfos y otros				5.5%

8. TEG-E4-001 (C2FJ)

FASE		No. TARJETA PDF-2	NOMBRE	CUANTITATIVO
Cristalinos	Si O ₂	010-74-3485	Cuarzo	31.2% (D.E = 0.)
	Na (Al Si ₃ O ₈)	010-71-6219	Albita	29.3% (D.E = 0.)
	K _{0.58} Na _{0.42} Al Si ₃ O ₈	010-83-1253	Ortoclasa Sódica	11.3% (D.E = 0.)
	K Al ₂ (Si, Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂	000-58-2035	Moscovita	12.6% (D.E = 0.)
	(Ca, Mg) CO ₃	000-43-0697	Calcita Magnesiana	1.8% (D.E = 0.)
Total Cristalino				86.2%
Amorfos y otros				13.8%

9. TEG-E4-002 (C2FK)

	FASE	No. TARJETA PDF-2	NOMBRE	CUANTITATIVO
Cristalinos	Si O ₂	010-78-1253	Cuarzo	16.6% (D.E = 0.)
	Ca CO ₃	010-72-4582	Calcita	0.8% (D.E = 0.)
	Na (Al Si ₃ O ₈)	010-89-6424	Albita	28.7% (D.E = 0.)
	K Al ₂ (Si, Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂	000-58-2037	Moscovita	9.9% (D.E = 0.)
	K Al Si ₃ O ₈	010-71-0956	Ortoclasa	9.4% (D.E = 0.)
	K Al ₂ (Si ₃ Al) O ₁₀ (OH) ₂	000-43-0685	Illita	N.C.
	K Al Si ₃ O ₈	010-71-0926	Microclina	29.6% (D.E = 0.)
Total Cristalino				95.0%
Amorfos y otros				5.0%

10. TEG-E5-001 (C2FL)

	FASE	No. TARJETA PDF-2	NOMBRE	CUANTITATIVO
Cristalinos	Si O ₂	010-75-8321	Cuarzo	16.3% (D.E = 0.)
	(Na _{0.98} Ca _{0.02}) (Al _{1.02} Si _{2.98} O ₈)	010-70-3752	Albita	36.4% (D.E = 0.)
	K Al ₂ Si ₃ Al O ₁₀ (OH) ₂	000-07-0032	Moscovita	20.4% (D.E = 0.)
	K Al Si ₃ O ₈	010-76-0825	Ortoclasa	13.6% (D.E = 0.)
	(K, H ₃₀) Al ₂ (Si ₃ Al) O ₁₀ (OH) ₂ · x H ₂ O	000-29-1496	Illita	N.C.
	Ca ₂ Al ₂ Fe Si ₃ O ₁₂ (OH)	010-73-6077	Epidota	N.C.
Total Cristalino				86.7%
Amorfos y otros				13.3%

11. TEG-E6-001 (C2FM)

	FASE	No. TARJETA PDF-2	NOMBRE	CUANTITATIVO
Cristalinos	Si O ₂	010-70-3755	Cuarzo	20.0% (D.E = 0.)
	(Na _{0.98} Ca _{0.02})(Al _{1.02} Si _{2.98} O ₈)	010-70-3752	Albita	45.5% (D.E = 0.)
	K Al ₂ (Si, Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂	000-58-2037	Moscovita	3.7% (D.E = 0.)
	K Al Si ₃ O ₈	010-71-1540	Ortoclasa	19.7% (D.E = 0.)
Total Cristalino				88.9%
Amorfos y otros				11.1%

12. TEG-E6-002 (C2FN)

	FASE	No. TARJETA PDF-2	NOMBRE	CUANTITATIVO
Cristalinos	Si O ₂	010-70-7344	Cuarzo	18.7% (D.E = 0.)
	(Na _{0.98} Ca _{0.02})(Al _{1.02} Si _{2.98} O ₈)	010-70-3752	Albita	42.0% (D.E = 0.)
	Ca CO ₃	010-72-1650	Calcita	0.7% (D.E = 0.)
	K Al ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂	010-74-2428	Moscovita	9.3% (D.E = 0.)
	K Al Si ₃ O ₈	010-71-1540	Ortoclasa	19.9% (D.E = 0.)
Total Cristalino				90.6%
Amorfos y otros				9.4%

13.TEG-E7-001 (C2FN)

FASE		No. TARJETA PDF-2	NOMBRE	CUANTITATIVO
Cristalinos	Si O ₂	010-85-1054	Cuarzo	21.7% (D.E = 0.)
	(Na _{0.98} Ca _{0.02})(Al _{1.02} Si _{2.98} O ₈)	010-70-3752	Albita	42.0% (D.E = 0.)
	Ca CO ₃	010-72-1650	Calcita	N.C.
	(K, H ₃₀) Al ₂ Si ₃ Al O ₁₀ (OH) ₂	000-26-0911	Illita	10.9% (D.E = 0.)
	K Al Si ₃ O ₈	010-71-0956	Ortoclasa	18.7% (D.E = 0.)
Total Cristalino				93.3%
Amorfos y otros				6.7%

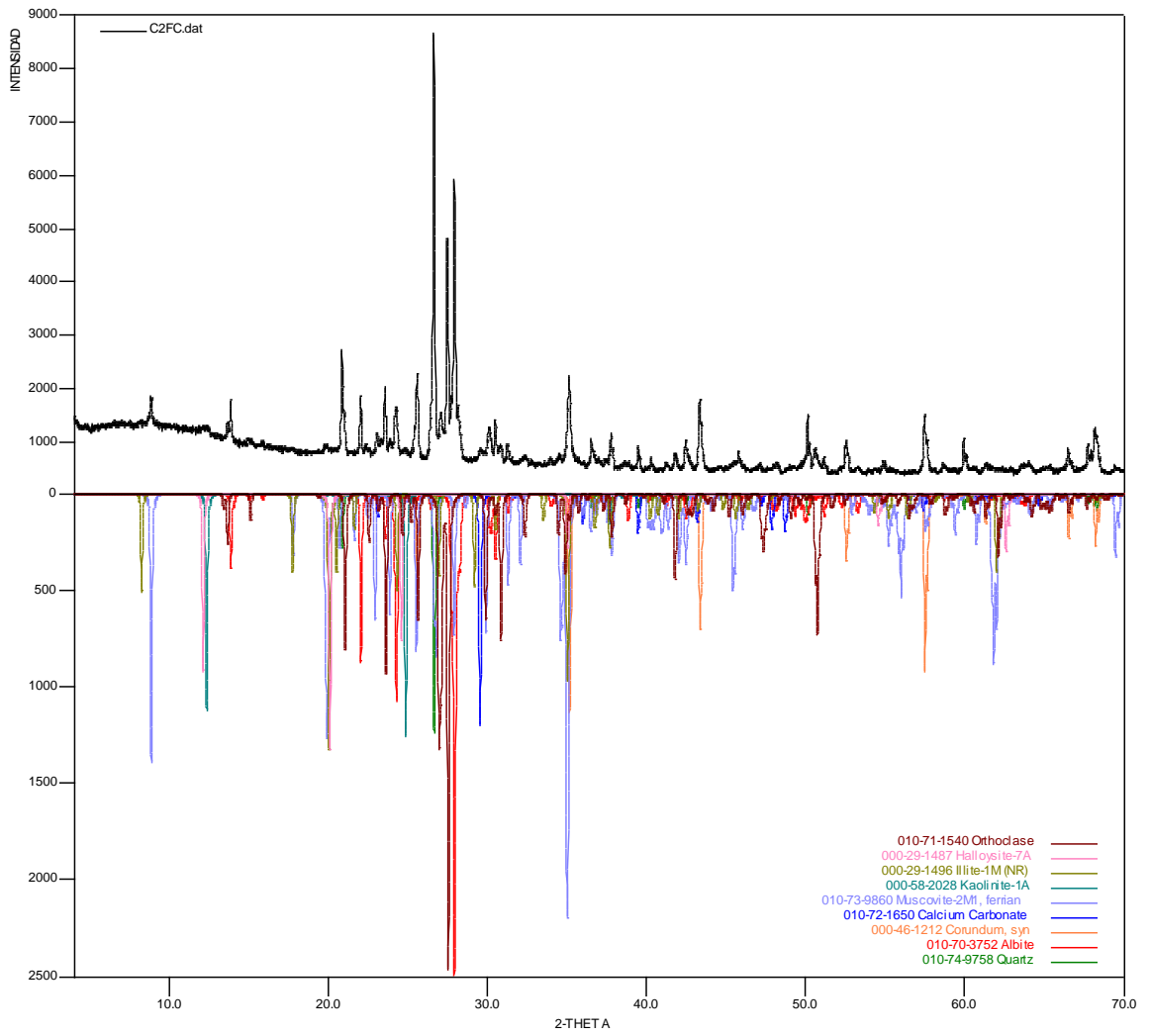
Nota:

D.E = Desviación estándar

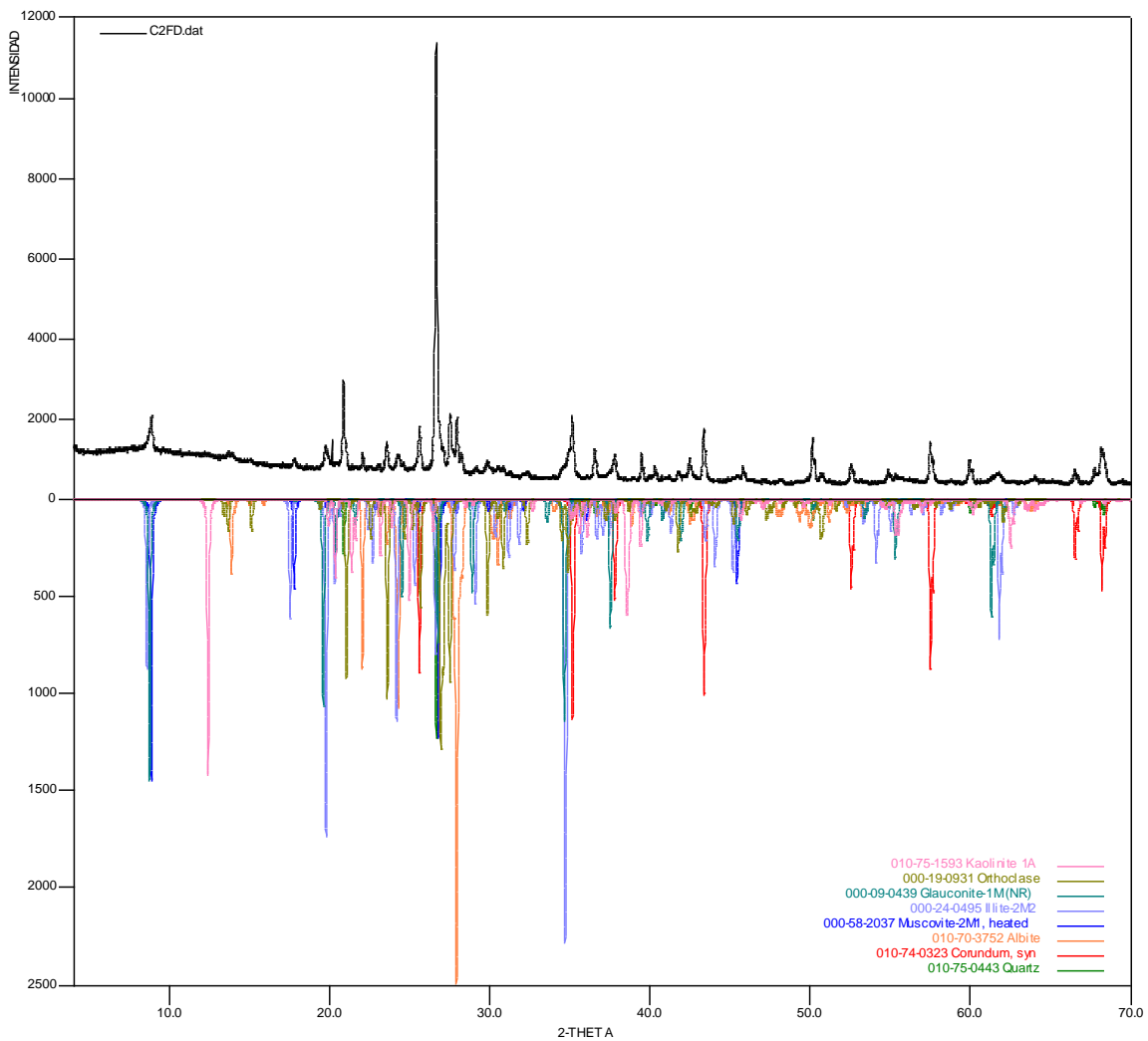
Observaciones:

- Se recomienda realizar análisis elemental para corroborar la presencia de las fases reportadas.
- En los perfiles de difracción se observa la fase de *Corundum - Aluminum Oxide* (estándar interno), el cual fue agregado a la muestra en una cantidad conocida para la respectiva cuantificación.
- En algunas muestras recibidas en el laboratorio, la fase *Halloisita* (Al₂ Si₂ O₅ (OH)₄) no fue cuantificada ya que no se tienen sus datos cristalográficos reportados en la base de datos para su respectiva cuantificación.

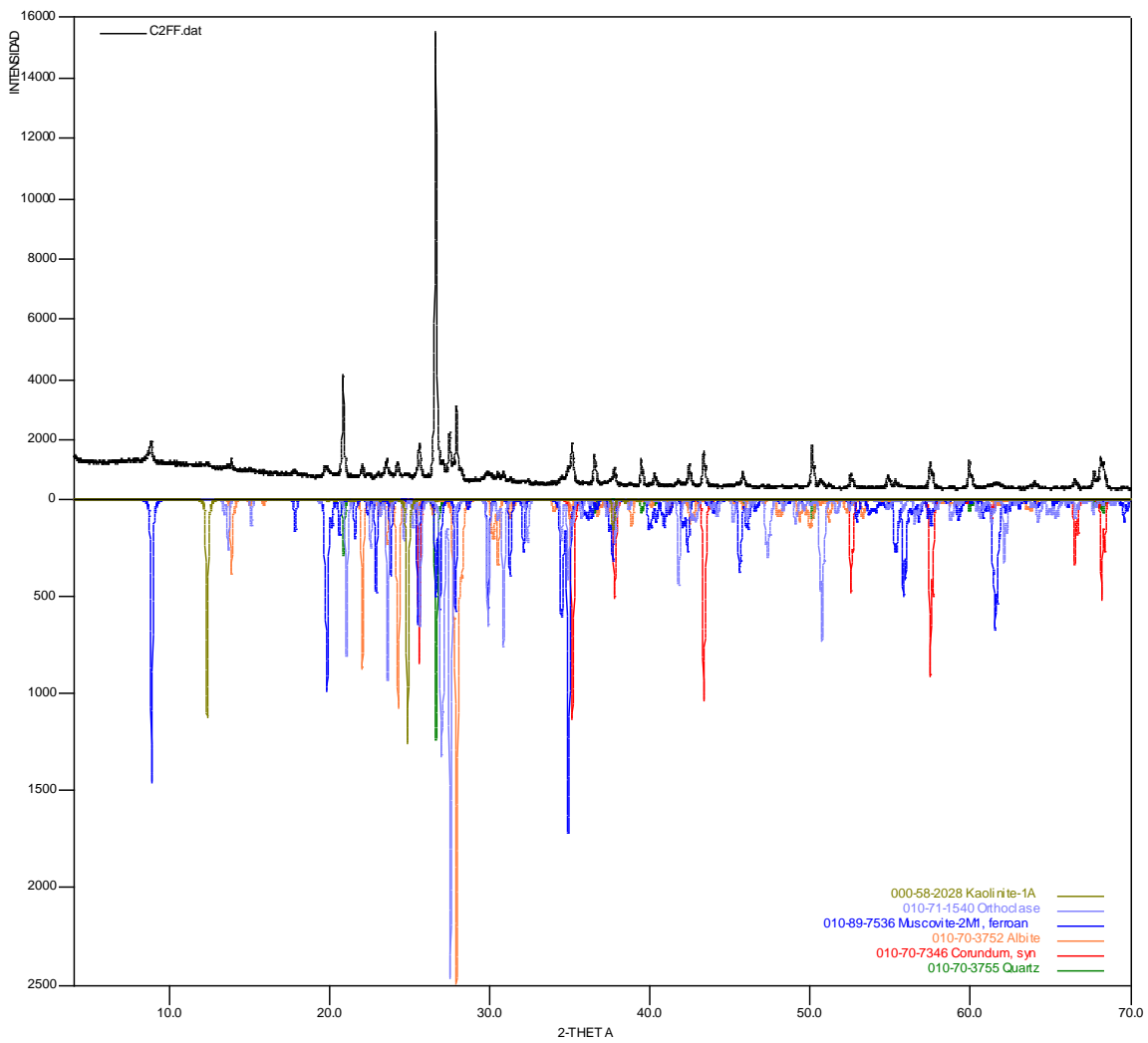
TEG-E1-001



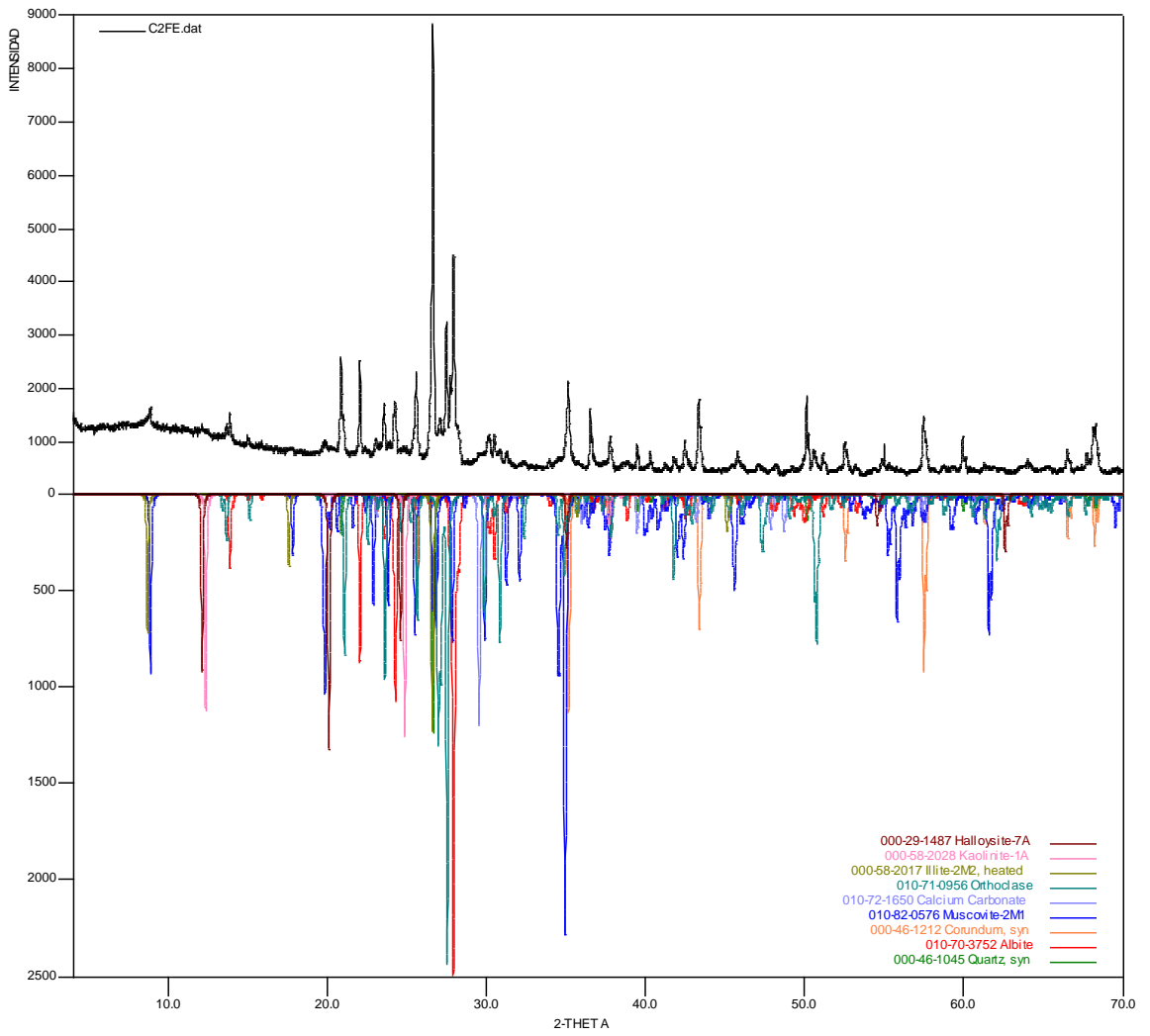
TEG-E1-002



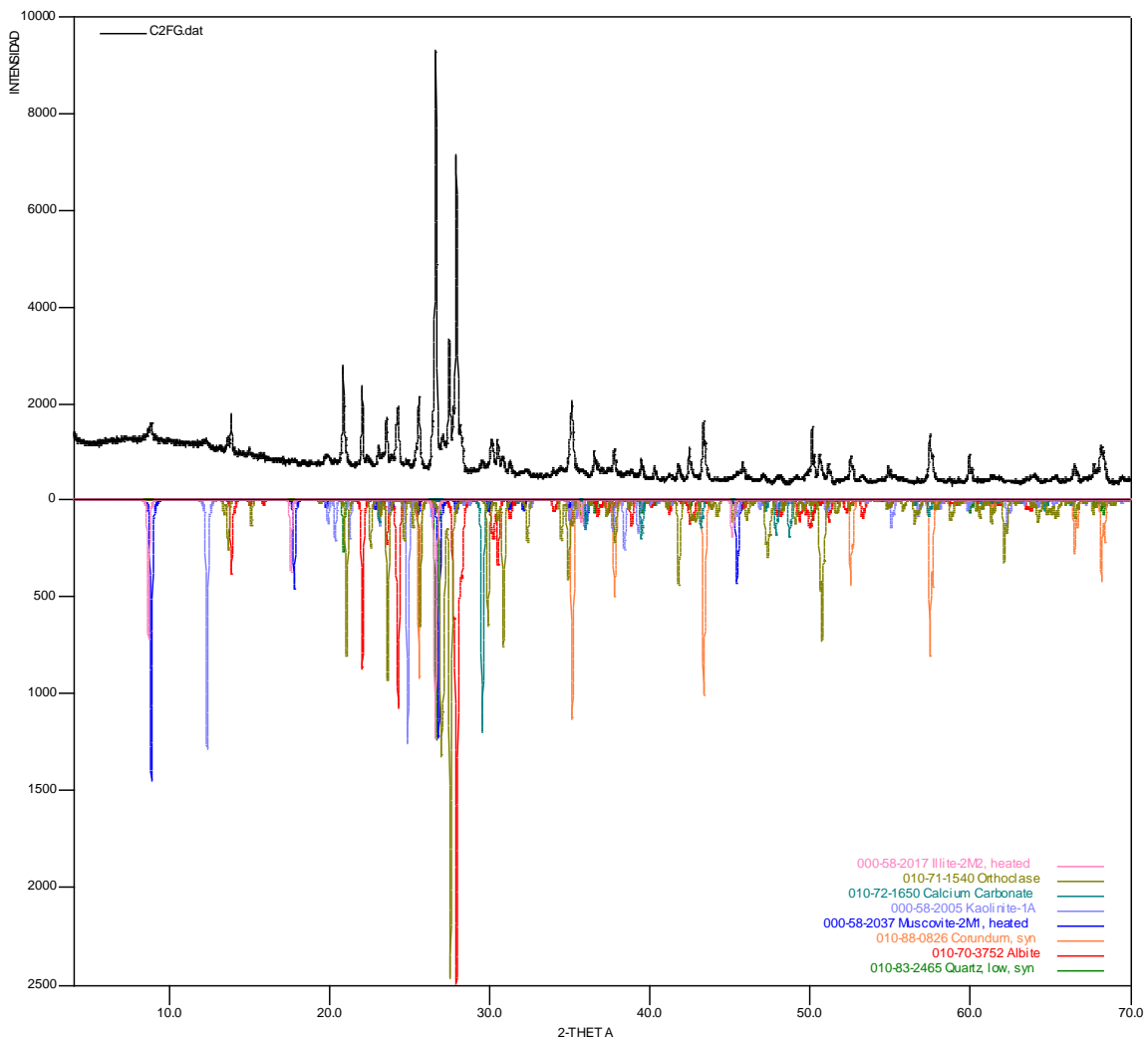
TEG-E1-003



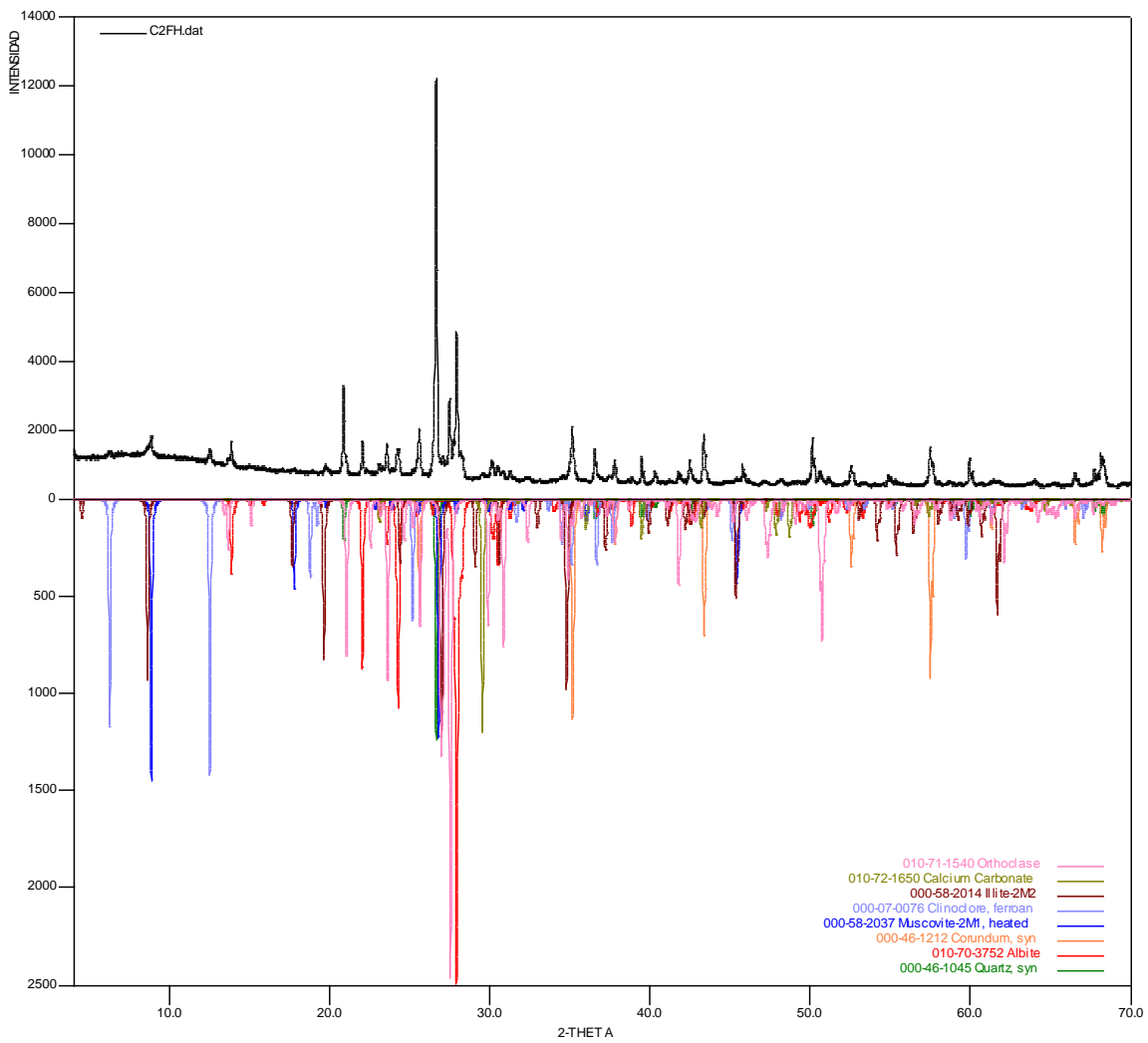
TEG-E2-001



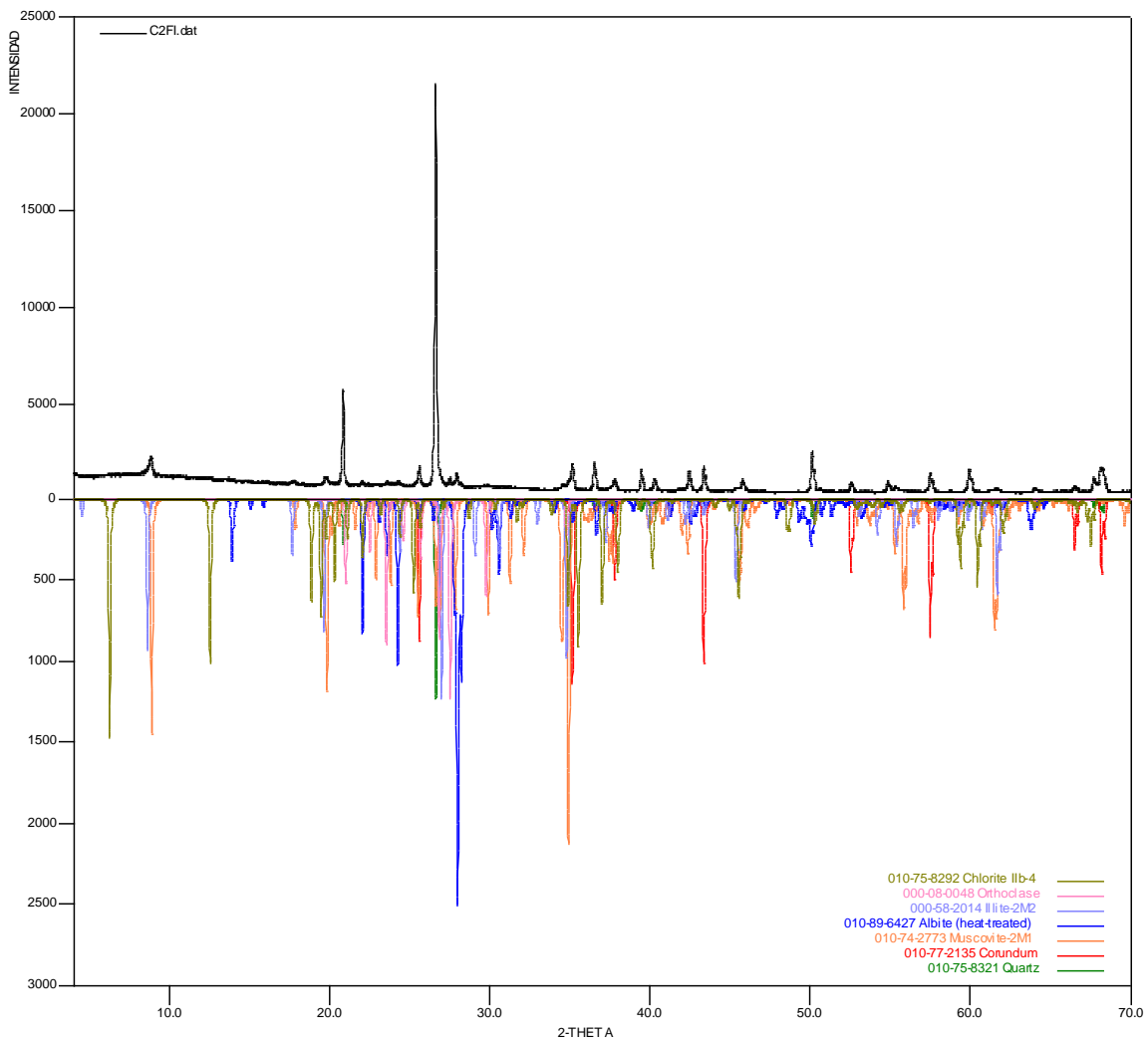
TEG-E2-002



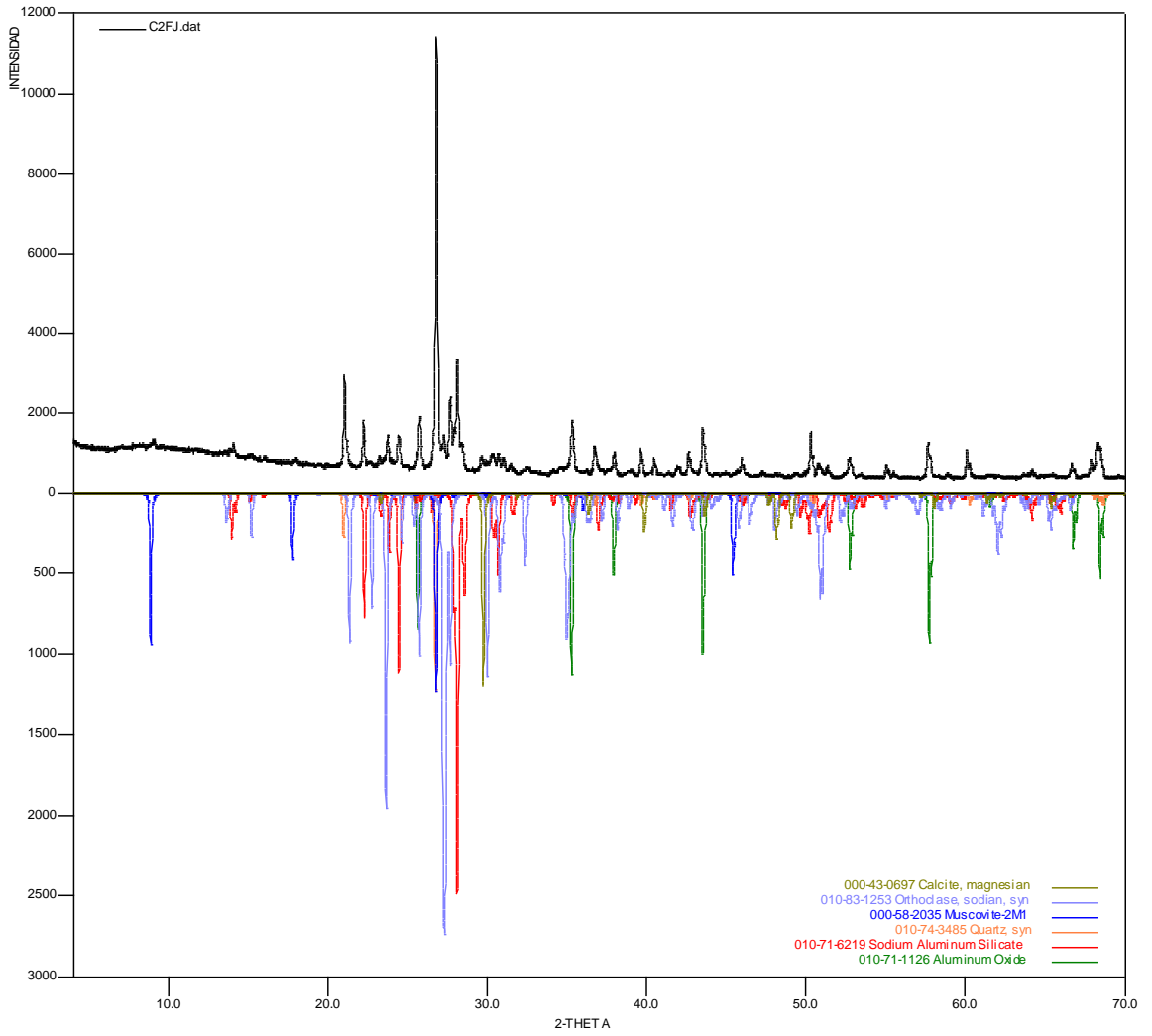
TEG-E3-001



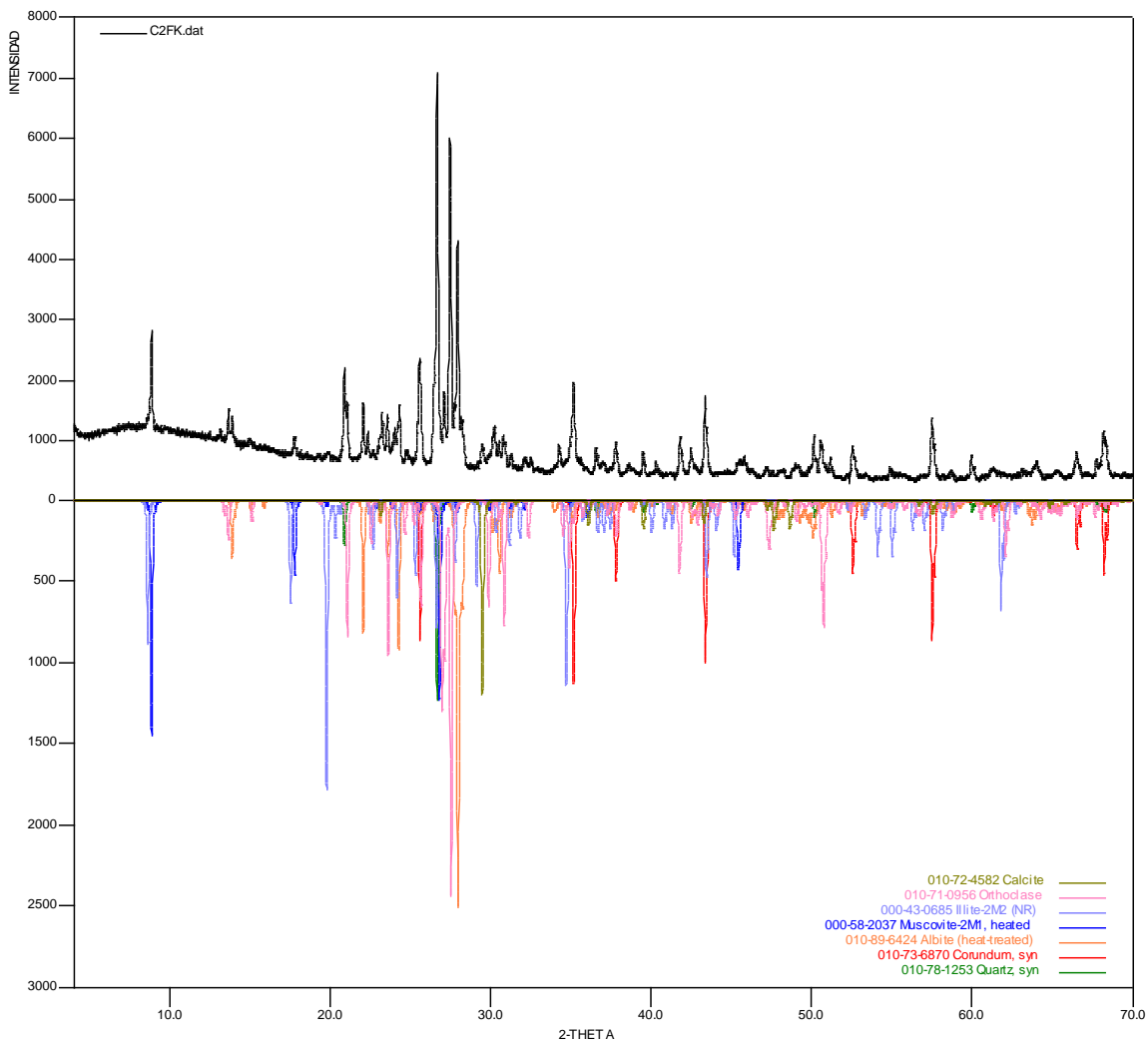
TEG-E3-002



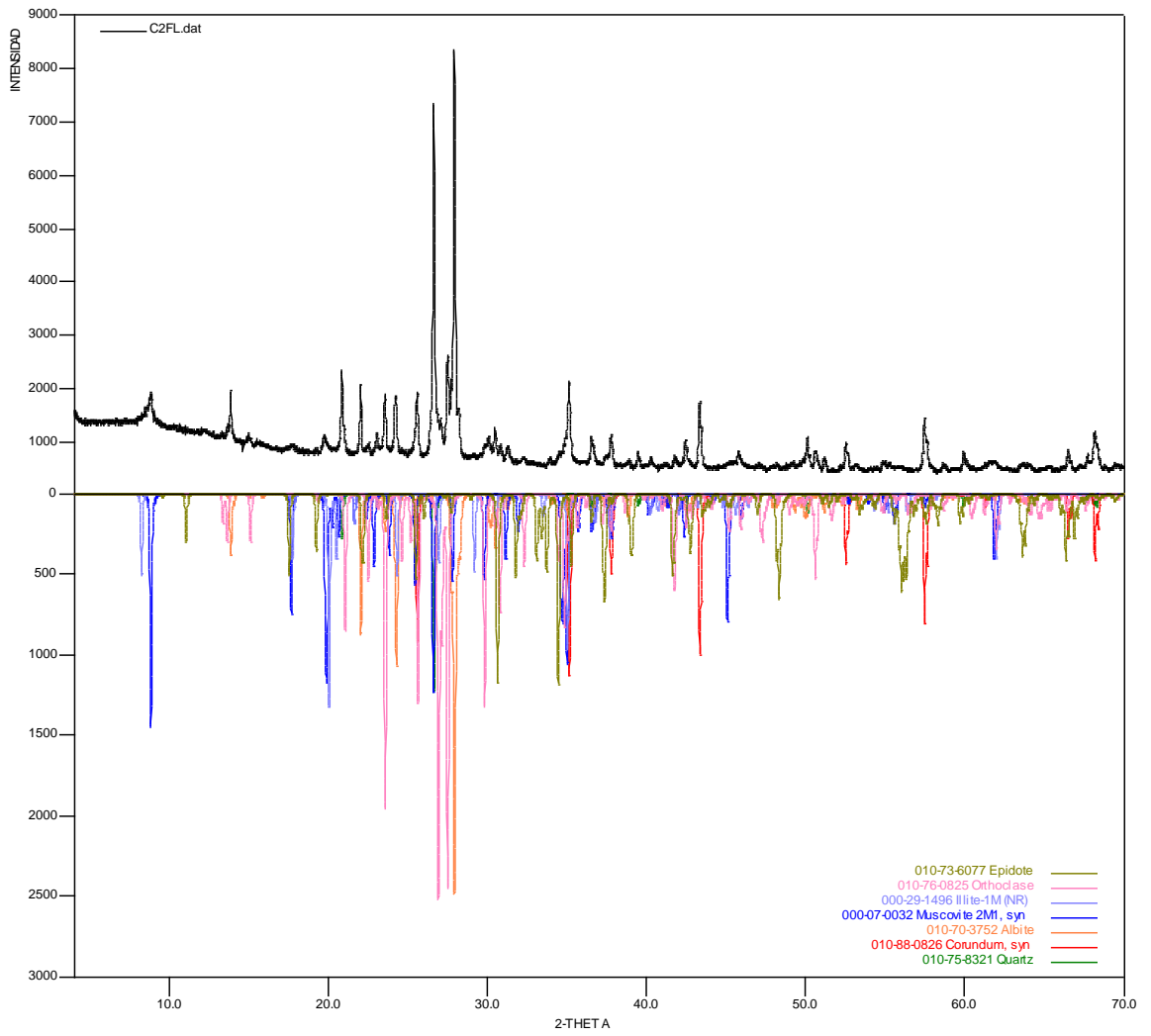
TEG-E4-001



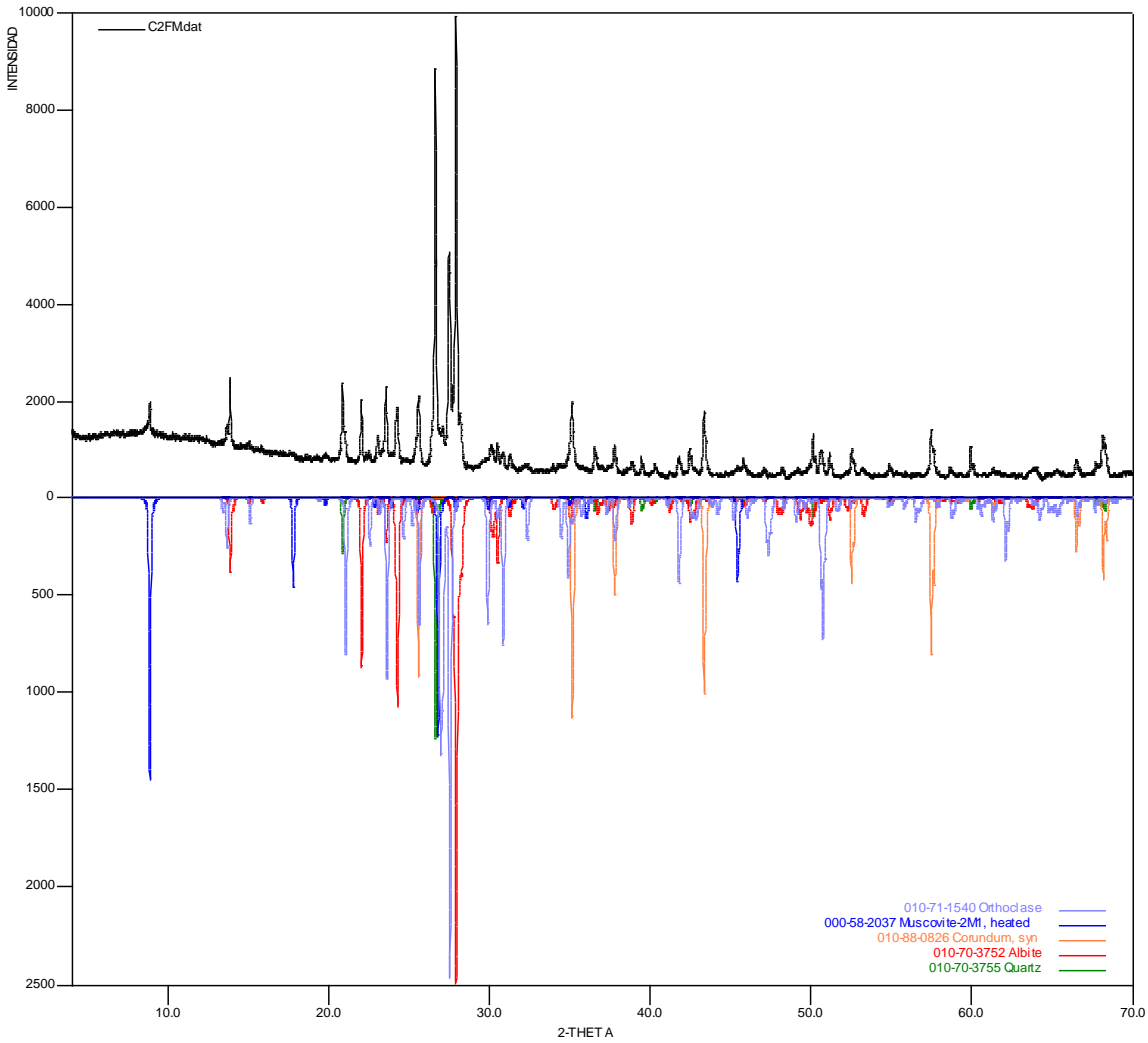
TEG-E4-002



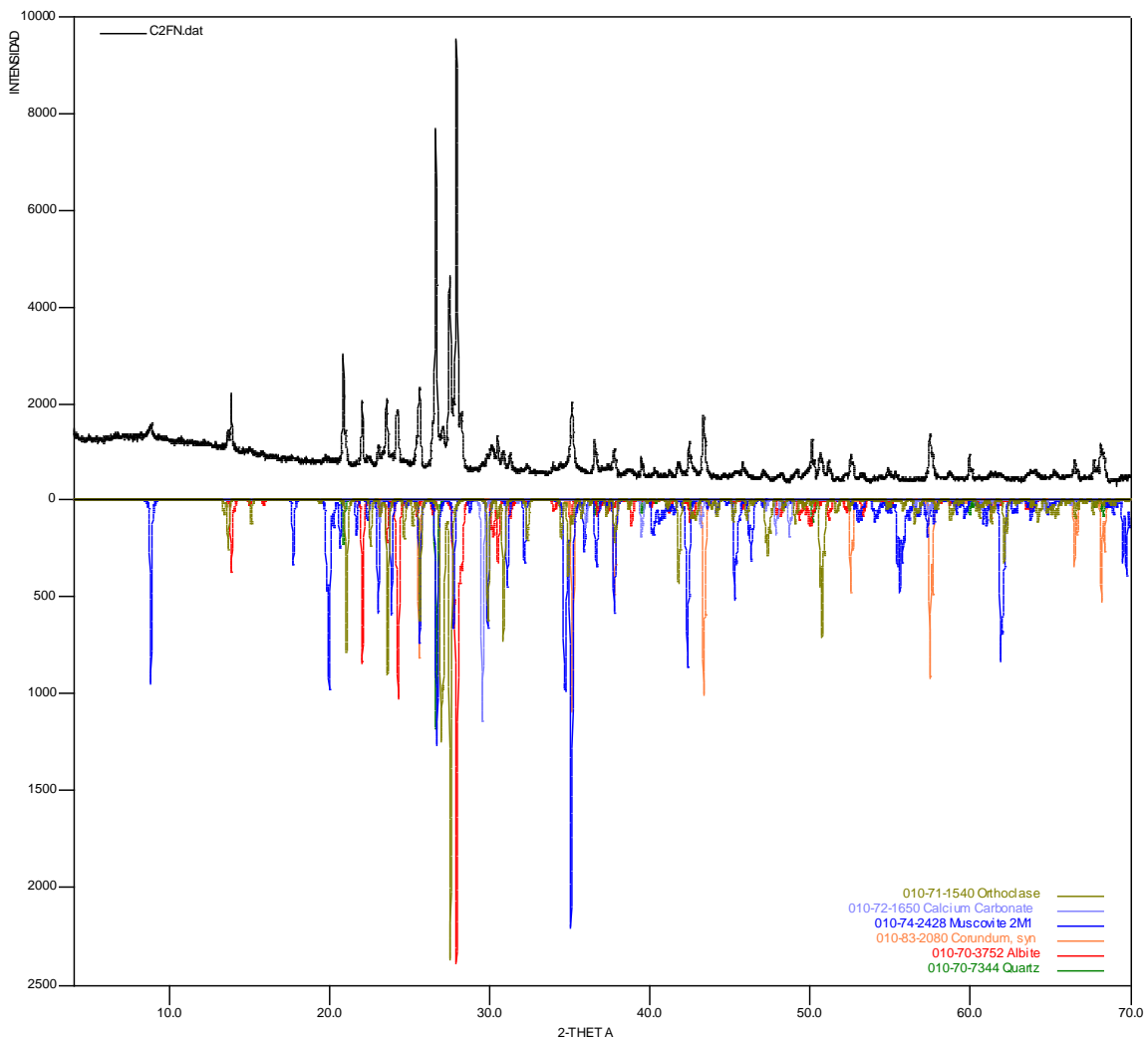
TEG-E5-001



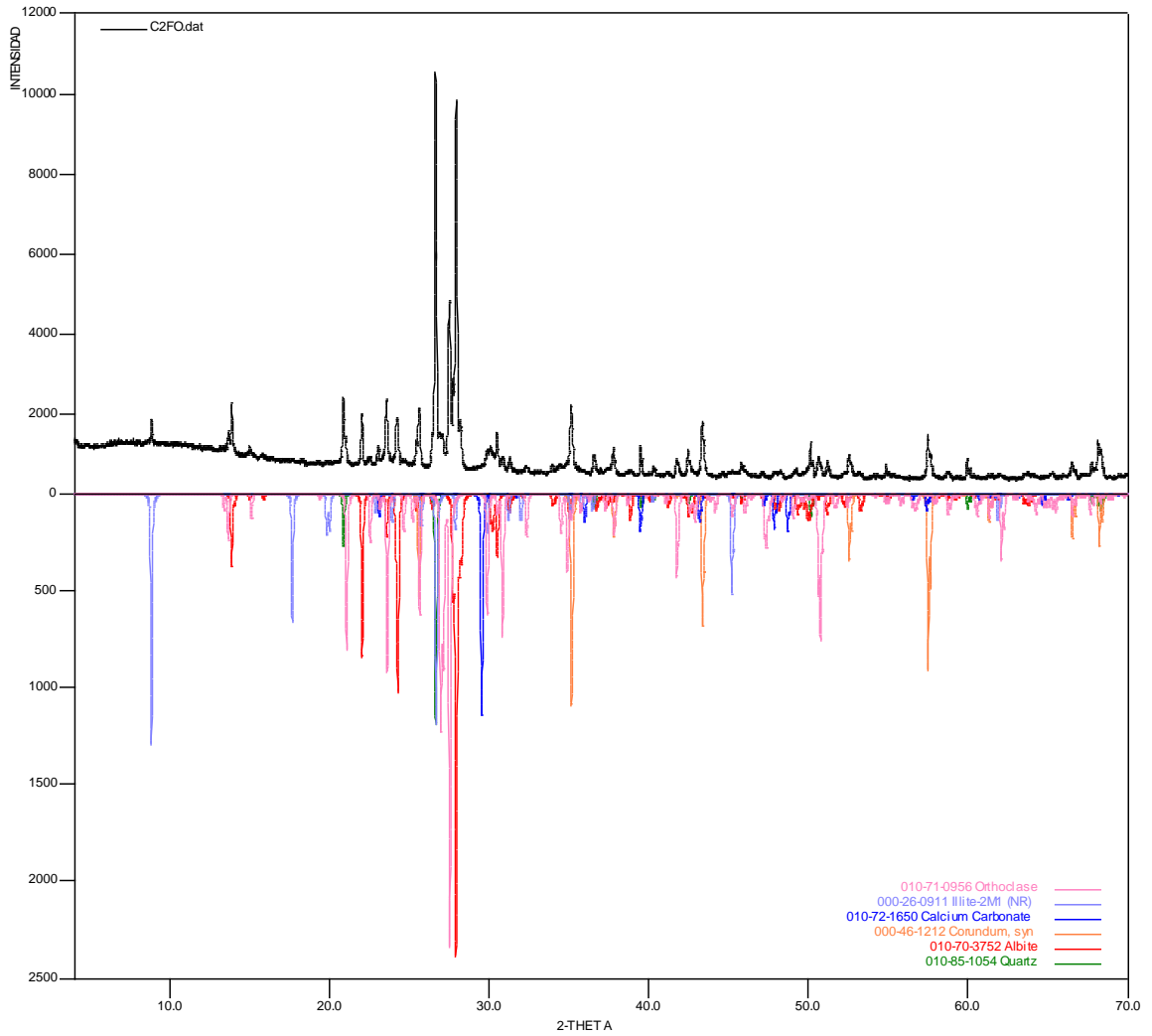
TEG-E6-001



TEG-E6-002



TEG-E7-001



Elaboró:

Revisó:

Qco. José Luis Pinto C.

Qco. MSc. Jesús Andelfo

Pinilla A.

Profesional Analista

Director Técnico


PQ. 2009


PQ. 1585


ANEXO 3


CATALOGO DE ANÁLISIS MACROSCÓPICO


En las salidas realizadas Curos (Piedecuesta) y Berlín (Tona) se recolectaron en total 13 muestras de mano a las cuales se le realizó una descripción macroscópica, enfatizándose en el análisis de las características composicionales, mineralógicas, texturales y estructurales de los granitos que afloran en estos dos sectores del Macizo de Santander, y de este modo tener un criterio para seleccionar las muestras más indicadas para realizarles los estudios más detallados.


ANÁLISIS MACROSCÓPICO		
Localización: Curos		
Color: Rosado a grisáceo		
Estructuras y Texturas: Masiva, fanerítica, holocristalina		
Características del tamaño de grano: Equigranular de tamaño de grano fino a medio		
Composición Mineralógica		
Mineral	(% Vol)	
Cuarzo	20%	
Plagioclasa (ilita?)	14%	
Feldespatos K	52%	
Moscovita	4%	Número de la muestra: TEG-E1-001
Pirolusita	5%	Tipo de roca: Ígnea
Óxidos	3%	
Materia orgánica	2%	


ANÁLISIS MACROSCÓPICO		
Localización: Curos.		
Color: Rosado a grisáceo.		
Estructuras y Texturas: Masiva, porfirítica, holocristalina.		
Características del tamaño de grano: Inequigranular de tamaño de grano grueso de fenocristales de 0,3 – 0,7 mm.		
Composición Mineralógica		
Mineral	(% Vol)	
Cuarzo	32%	
Plagioclasa	16%	
Feldespatos K	42%	
Especularita ó Materia orgánica?	4%	Número de la muestra: TEG-E1-002
Epidota?	4%	Tipo de roca: Ígnea
Óxidos	3%	


ANÁLISIS MACROSCÓPICO		
Localización: Curos.		
Color: Rosado a grisáceo.		
Estructuras y Texturas: Masiva, porfirítica, holocristalina.		
Características del tamaño de grano: Inequigranular de tamaño de grano grueso a manera de fenocristales de 0,3 – 0,7 mm.		
Composición Mineralógica		
Mineral	(% Vol)	
Cuarzo	30%	
Plagioclasa	16%	
Feldespatos K	43%	
Especularita ó Materia orgánica?	7%	Número de la muestra: TEG-E1-003
Óxidos	4%	Tipo de roca: Ígnea


ANÁLISIS MACROSCÓPICO		
Localización: Curos		
Color: Rosado a blanco grisáceo.		
Estructuras y Texturas: Masiva, fanerítica, holocristalina.		
Características del tamaño de grano: Inequigranular de tamaño de grano fino a medio.		
Composición Mineralógica		
Mineral	(% Vol)	
Cuarzo	24%	
Plagioclasa	15%	
Feldespatos K	45%	
Moscovita	5%	Número de la muestra: TEG-E2-001
Pirolusita	4%	Tipo de roca: Ígnea
Óxidos	4%	
Especularita ó Materia orgánica?	3%	


ANÁLISIS MACROSCÓPICO		
Localización: Curos		
Color: Rosado.		
Estructuras y Texturas: Masiva, fanerítica, holocristalina.		
Características del tamaño de grano: Equigranular de tamaño de grano fino.		
Composición Mineralógica		
Mineral	(% Vol)	
Cuarzo	22%	
Plagioclasa (Ilita?)	18%	
Feldespatos K	52%	
Moscovita	3%	Número de la muestra: TEG-E2-002
Pirolusita	3%	Tipo de roca: Ígnea
Óxidos	2%	


ANÁLISIS MACROSCÓPICO		
Localización: Pescadero (Curos).		
Color: Predomina un rojo oscuro y tonos verdes oliva.		
Estructuras y Texturas: Masiva, fanerítica, holocristalina.		
Características del tamaño de grano: Equigranular de tamaño de grano grueso.		
Composición Mineralógica		
Mineral	(% Vol)	
Cuarzo	20%	
Plagioclasa	4%	
Feldespatos K	58%	
Biotita (Alteración clorita)	10%	Número de la muestra: TEG-E3-001
Anfíbol	4%	Tipo de roca: Ígnea
Epidota	3%	
Óxidos	1%	


ANÁLISIS MACROSCÓPICO		
Localización: Pescadero (Curos).		
Color: Blanco a grisáceo.		
Estructuras y Texturas: Masiva, holocristalina.		
Características del tamaño de grano: Grano medio a fino.		
Composición Mineralógica		
Mineral	(% Vol)	
Cuarzo	40%	
Feldespatos K	32%	
Epidota?	23%	
Clorita?	5%	Número de la muestra: TEG-E3-002
		Tipo de roca: Ígnea
		Nombre de la roca: Vena de cuarzo


ANÁLISIS MACROSCÓPICO		
Localización: Pescadero (Curos).		
Color: Rosado oscuro.		
Estructuras y Texturas: Masiva, afanítica, holocristalina.		
Características del tamaño de grano: Equigranular de tamaño de grano fino.		
Composición Mineralógica		
Mineral	(% Vol)	
Cuarzo	¿?%	
Plagioclasa	¿?%	
Feldespatos K	¿?%	
		Número de la muestra: TEG-E4-001
		Tipo de roca: Ígnea

ANÁLISIS MACROSCÓPICO		
Localización: Pescadero (Curos).		
Color: Rosado y tonos blanco a grisáceo.		
Estructuras y Texturas: Masiva, fanerítica, holocristalina.		
Características del tamaño de grano: Tamaño de grano grueso.		
Composición Mineralógica		
Mineral	(% Vol)	
Cuarzo	23%	
Plagioclasa	20%	
Feldespatos K	27%	
Moscovita	25%	Número de la muestra: TEG-E4-002
Óxidos	5%	Tipo de roca: Ígnea
		Nombre de la roca: Pegmatita

ANÁLISIS MACROSCÓPICO		
Localización: Berlín		
Color: Rosado y tonos verdes claros.		
Estructuras y Texturas: Masiva, fanerítica, holocristalina.		
Características del tamaño de grano: Equigranular de tamaño de grano medio.		
Composición Mineralógica		
Mineral	(% Vol)	
Cuarzo	24%	
Plagioclasa	8%	
Feldespatos K	51%	
Epidota	9%	Número de la muestra: TEG-E5-001
Especlarita ó Materia orgánica?	4%	Tipo de roca: Ígnea
Óxidos	3%	

ANÁLISIS MACROSCÓPICO		
Localización: Berlín		
Color: Rosado a blanco grisáceo.		
Estructuras y Texturas: Masiva, fanerítica, holocristalina.		
Características del tamaño de grano: Equigranular de tamaño de grano medio a fino		
Composición Mineralógica		
Mineral	(% Vol)	
Cuarzo	28%	
Plagioclasa	19%	
Feldespatos K	40%	
Moscovita	5%	Número de la muestra: TEG-E6-001
Pirolusita	4%	Tipo de roca: Ígnea
Óxidos	4%	

ANÁLISIS MACROSCÓPICO		
Localización: Berlín		
Color: Rosado oscuro a blanco grisáceo.		
Estructuras y Texturas: Masiva, fanerítica, holocristalina.		
Características del tamaño de grano: Equigranular de tamaño de grano medio a fino		
Composición Mineralógica		
Mineral	(% Vol)	
Cuarzo	27%	
Plagioclasa	14%	
Feldespatos K	52%	
Epidota	4%	Número de la muestra: TEG-E6-002
Moscovita	3%	Tipo de roca: Ígnea

ANÁLISIS MACROSCÓPICO		
Localización: Berlín		
Color: Rosado a blanco grisáceo.		
Estructuras y Texturas: Masiva, afanítica, holocristalina, aplitica.		
Características del tamaño de grano: Equigranular de tamaño de grano muy fino.		
Composición Mineralógica		
Mineral	(% Vol)	
Cuarzo	¿?%	
Plagioclasa	¿?%	
Feldespatos K	¿?%	
Moscovita	4%	Número de la muestra: TEG-E7-001
		Tipo de roca: Ígnea