

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA GEOLÓGICA**



**CARACTERIZACIÓN PETROQUIMICA DE LAS ROCAS
AFLORANTES EN EL CERRO SIETE PICOS, AL SUR DE EL
CALLAO, MUNICIPIO EL CALLAO, ESTADO BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LAS
BACHILLERES BETANCOURT
C. BIANCA C. Y TOMEDAZ GONZALEZ
MIGDAYE PARA OPTAR A LOS
TÍTULO DE INGENIERO GEÓLOGO
Y GEOLOGO RESPECTIVAMENTE.**

CIUDAD BOLÍVAR, NOVIEMBRE DEL 2.010

HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado intitulado “CARACTERIZACIÓN PETROQUIMICA DE LAS ROCAS AFLORANTES EN EL CERRO SIETE PICOS, AL SUR DE EL CALLAO, MUNICIPIO CALLAO, ESTADO BOLÍVAR”, presentado por las bachilleres: BETANCOURT C. BIANCA C. Y TOMEDEZ MIGDAYE, ha sido aprobado, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre:

Profesor. Enrique Acosta

(Asesor)

Firma:

Profesora Rosario Rivadulla

Profesor Enrique Acosta

Jefe del Departamento de Geología

Jefe del Dep. de Ingeniería Geológica

Ciudad Bolívar, Noviembre del 2.010

DEDICATORIA

Dedico mi Trabajo Especial de Grado a mis Padres por ser maravillosamente especiales y por haberme brindado su apoyo en los segundos más difíciles de mi vida, sus sabios consejos y sobre todo su paciencia para seguir manteniendo la confianza en mí en todo momento. A mi hermanos Rómulo, Francis, Rona y especialmente a Franchesca por brindarme su apoyo en muchos momentos difíciles muchas gracias. A mis amigas Naith, Mónica y Olga Maria por su gran amistad incondicional y darme ese apoyo y palabras de aliento cada vez que lo necesitaba, a todas las quiero mucho. A Migdaye de los Angeles, compañera de tesis, por haber compartido conmigo este logro. A todos por permitirme existir en sus corazones.

Bianca Betancourt

DEDICATORIA

Quiero dedicar mi Trabajo Especial de Grado a mi Mamá Migdalia González, quien con su amor, enseñanza, y dedicación, sembró en mí grandes valores y tener la paciencia de esperar por mis decisiones brindándome siempre apoyo, más amor y confianza. A mis hijas Sofía y Daniela por inspirarme más cada día, a mi esposo José Cristóbal por su apoyo incondicional, a mis hermanas Solanye, Mary, Desiré y Anyela, quienes me han servido de ejemplo para alcanzar las metas propuestas. A Toda mi Familia quienes han sido una fuente inagotable de unión y alegría, incluso a los que hoy no están con nosotros. A mis compañeros de estudio Karina Díaz, Patricia Alcalá, Bianca Betancourt, quienes compartieron los buenos y malos momentos, brindando una mano amiga cuando fue necesario.

Migdaye Tomedez

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer infinitamente a Dios todopoderoso por darnos la dicha de existir y guiar nuestros pasos por el sendero correcto. A nuestros abnegados Padres por sus enseñanzas, buenos principios y el amor brindado en cada instante de nuestras vidas. A la Universidad de Oriente, que a pesar de sus carencias e inconvenientes, nos brindó la oportunidad de desarrollarnos como profesionales. A nuestro Tutor Académico Enrique Acosta quien con su ayuda diseñó un proyecto de investigación y nos dieron la oportunidad de desarrollarlo como nuestro Trabajo Especial de Grado. A todas aquellas personas que de manera incondicional colaboraron en el desarrollo de esta tarea.

A todos Muchas Gracias.

Bianca y Migdaye

RESUMEN

Se realizó un estudio geoquímico sobre una sección de la serranía de Verdún, específicamente en el cerro Siete Picos, ubicado al Norte del Cerro Piedra del Supamo, y al sur del caserío Minero de El Callao, Municipio El Callao, Estado Bolívar, Venezuela. Debido a la información petrográfica y a los tipos de yacimientos asociados a estas descripciones, se inicia ésta segunda fase de exploración. Para lograr los objetivos propuestos, se uso como base la información petrográfica y se incorpora el resultado de los análisis químicos de elementos mayoritarios de diez y ocho (18) muestras de rocas que cuentan con los análisis petrográficos. Igualmente, se establece la similitud existente entre los análisis petrográficos y los análisis químicos. La metodología empleada durante el desarrollo de la investigación fue netamente analítica, ya que la información fue suministrada por el asesor académico. Desde el punto de vista geológico, se cartografió la secuencia de un cinturón de rocas verdes, parte basal, formada en bordes de colisión entre placas y que se emplazo a través de una zona de sutura, en rocas plegadas, con una base máfica -ultramáfica estratificada, de rumbo N30°W y buzamiento alto al W, constituido por peridotitas /serpentinita y piroxenita, seguida de gabros y gabros piroxenicos, culminando la secuencia lavas volcánicas máficas. El contexto geológico lo culmina la intrusión de las rocas graníticas del Complejo de Supamo y las intrusivas máficas sin metamorfismo. Desde el punto de vista geoquímico, los diagramas de Jensen, AFM, K₂O-Na₂O-CaO y los gráficos TAS y K₂O vs SiO₂, establecen que el carácter del magma de la zona de estudio es toleítica y komatitica. Se recomienda realizar trabajos geológicos y geoquímicos a detalle, cerrando mallas y toma de muestras de suelos cada 25m, sobre las faldas y el tope del Cerro Siete Picos, apoyándose en lo posible con un método magnético.

CONTENIDO

HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN.....	vi
CONTENODO	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Situación objeto de estudio	3
1.2 Objetivos.	3
1.2.1 Objetivo General	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Limitaciones	4
CAPÍTULO II	5
GENERALIDADES	5
2.1 Ubicación geográfica y vías de acceso.....	5
2.2 Caracterización físico natural del área de estudio.....	6
2.2.1 Suelos.	8
2.2.2 Drenajes.....	9
2.3 Geología.	9
2.3.1 Estratigrafía regional.	10
2.3.2 Antecedentes.	12
2.3.3 Contexto tectónico.	16
CAPÍTULO III.....	18
3.2 Datos geoquímicos.	18
3.2.4 Análisis petrográfico	21
3.2.5 Sección delgada (fina).....	21
3.2.6 Clasificación de las rocas magmáticas	23
3.2.6.1 Uso del diagrama: Para la presentación de una roca magmática se debe conocer su contenido mineral modal (Figura 3.3).....	25
3.7 Procesos postmagmáticos que probablemente han afectado las rocas bajo estudio.	33
Metamorfismo	33
Alteraciones debido a fluidos hidrotermales.....	33
Meteorización.....	34

CAPÍTULO IV	35
METODOLOGÍA DE TRABAJO	35
4.1 Tipo y diseño de investigación.....	35
4.1.1 Recopilación bibliográfica, cartográfica y química.	35
4.2 Revisión de los análisis petrográficos	35
4.3 Revisión de los análisis químicos	37
4.4 Cartografía petroquímica usando los diagramas binarios y ternarios	39
4.5 Cotejo de la información petrográfica y química.....	39
4.6 Propuesta del modelo geológico del área de estudio	39
CAPÍTULO V	41
ANÁLISIS DE LOS DATOS	41
5.1. Análisis Petrográfico	42
Rocas Graníticas (Pεγα2):	45
Granodioritas	45
Granitos:	45
Unidad de Intrusivos máficos no metamorfizados (Pεgb3):	46
5.2. Análisis Petroquímico	46
5.2.1 Diagrama de total alcalis vs Silice (TAS).....	48
5.3 Cotejo de la información química y petrográfica.....	52
5.4 Propuesta del modelo geológico del cerro Siete Picos	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
Conclusiones	55
Recomendaciones.....	55
REFERENCIAS	57
Anexo 1	59
Anexo 2	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio	5
Figura 2.2 Imagen satelital a escala 1:100.000 de la zona de estudio.....	7
Figura 2.3 Vista satelital del cerro Siete Picos, mostrando su relieve (Google maps, 2.010)	8
Figura 2.4. Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana destacando la Provincia Geológica de Imataca y su relación litotectónica con los cratones de Sudamérica y África (Sidder y Mendoza, 1.995 y Martín, 1.972 en Mendoza, 2.000).	11
Figura 2.5 Ubicación de los cinturones de rocas verdes (CRV) en la Guayana Venezolana (Salazar, 2.004)	13
Figura 2.6 Permissive domains for Kuroko-type massive sulfide deposits, synorogenic-synvolcanic nickel-copper deposits and related platinum deposits. (USGS, 1.993).....	15
Figura 2.7 Ilustración en la que se muestra la formación de las principales estructuras de un cinturón montañoso compresional, incluido el cinturón de pliegues y cabalgamientos. (Tarbuck, 2005).....	17
Figura 3.1 Series de reacciones de Bowen para las series continua y discontinua(www.uclm.es).....	23
Figura 3.2 Diagrama de STRECKEISEN (www.uclm.es)	26
Figura 3.3 Usos del diagrama de Streckeisen en rocas magmáticas(www.uclm.es)	26
Figura 3.4 Clasificación de una roca magmática usando los porcentajes de cuarzo, plagioclasa y feldespato alcalino (www.uclm.es)	28
Figura 3.5 Grafico de Streckeisen para clasificar rocas ultramáficas(www.uclm.es)	32
Figura 4.1 Metodología aplicada durante el desarrollo del presente proyecto de investigación	36
Figura 4.2 Posición relativa de las muestras en el área de estudio (Acosta, 2.010)	38
Figura 5.1 Mapa geológico de la zona del cerro Siete Picos (Acosta 2.010).....	41
Figura 5.2 Diagrama de total alcalis vs Silice (TAS), mostrando los campos donde se ubican las muestras del cerro Siete Picos.....	48
Figura 5.3 Diagrama AFM MgO-FeO+Fe2O3-Na2O+K2O para las muestras de la zona de estudio, mostrando su carácter tholeítico.....	49
Figura 5.4 Diagrama ternario K2O-Na2O-CaO para las muestras de la zona de estudio	50
Figura 5.5 Diagrama de JENSEN Fe2O3-TiO2-Al2O3-MgO, mostrando sus tendencias tholeítica y komatítica.	51
Figura 5.6 Diagrama K2O vs SiO2 que muestra la tendencia toleítica del magma	52

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1	Coordenadas UTM del rectángulo donde se ubica la zona de estudio.....	6
Tabla 2.2	Provincias Geológicas del Escudo de Guayana (Mendoza, 1977).....	10
Tabla 2.3	Supergrupo Pastora en la región de Guasipati-El Callao (Menendez, 1.972)	12
Tabla 3.1	Clasificación de las rocas magmáticas, de acuerdo al contenido de sílice	24
Tabla 3.2	Composición de plagioclasa para distinguir entre Andesita/Basalto	29
Tabla 3.3	Composición de plagioclasa para distinguir entre Diorita/Gabro.....	29
Tabla 3.4	Prefijos usados para clasificar las rocas en función de su índice de color	31
Tabla 4.1	ubicación por coordenadas de las muestras y su identificación.....	37
Tabla 5.1	Valores normalizados de los óxidos de las 18 muestras	47

INTRODUCCIÓN

En la serranía de Verdún, específicamente en el cerro Siete Picos, al Norte del Cerro Piedra del Supamo, y al sur del caserío Minero de el Callao, se realizó una primera fase de prospección minera, sobre una secuencia de rocas verdes, en la búsqueda de yacimientos estratoligado, confinado a un episodio geológico volcánico, de edad Precámbrica.

Se utilizó un método de prospección directa, el cual consistió en una sobre una red de picas o cuadrícula de 15km x7 km, donde se ubicaron y cartografiaron las muestras de rocas recolectados de la zona.

Durante el recorrido de éstas picas se recolectaron 18 muestras de rocas, de las cuales se seleccionaron todas para análisis petrográfico y análisis químico.

La segunda fase, o sea, el presente trabajo de investigación, consiste en usar las determinaciones analíticas que se hicieron en los laboratorios de CVG TECMIN. C.A, usando el equipo de espectrometría de absorción atómica (AAS) para validar los datos petrográficos.

La presencia de cuerpos de esta naturaleza es de gran interés debido a que a ellos pueden asociarse a importantes depósitos minerales de metales base y preciosos de importancia económica, tales como los que albergan cromo, platino-platinoides, níquel y cobre. Eventualmente, también aparece oro en cantidades explotables. Como ejemplo de esto podemos mencionar los complejos estratificados de Sudbury (Ni, Cu), en Canadá; Bushveld (Cr, Pt), en Sudáfrica y Stillwater (Cu, Ni), en USA. En el mundo, estos complejos son comparativamente escasos y, de los conocidos, un número importante alberga yacimientos de importancia económica. Su litología está muy bien definida en capas, y característicamente son de gran extensión, por el orden de las decenas a cientos de kilómetros cuadrados.

El presente trabajo de investigación está estructurado en seis capítulos. En el capítulo I se presenta la situación a investigar, abarca los objetivos, justificación y limitaciones de la investigación. El capítulo II corresponde al marco geológico regional, enmarcado en la serranía de Verdún, Estado Bolívar. En el capítulo III se exponen los fundamentos teóricos que sustentan la investigación. La metodología empleada para el desarrollo de la investigación se muestra en el capítulo IV. El capítulo V se destinó al análisis e interpretación de los resultados obtenidos en cada una de las etapas de la metodología aplicada. Por último se presentan las conclusiones y recomendaciones generadas del análisis de los resultados como consecuencia final del estudio

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Situación objeto de estudio

En el año en curso se realizó una investigación en el cerro Siete Picos, con el fin de evaluar su potencial geominero, por presentar de acuerdo con los análisis petrográficos y antecedentes mineros, rocas del tipo ultramáficas. Durante el transcurso de esa evaluación solo se usaron los análisis petrográficos.

Ahora bien, en vista de las implicaciones y el tipo de yacimientos asociados a éste tipo de rocas, se hace pertinente su estudio químico de los óxidos mayoritarios: SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 , K_2O , MnO , MgO , CaO , Na_2O y PPR para cotejar ambos resultados.

Para tal comparación se seleccionaron diez y ocho (18) muestras, las cuales presentaban ambos análisis. El presente trabajo busca comparar en forma gráfica, las determinaciones químicas, usando los diagramas de Jensen, AFM, K_2O - Na_2O - CaO y los gráficos TAS y K_2O vs SiO_2 , para establecer el carácter del magma de la zona de estudio

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo General

Caracterizar petroquímica de las rocas aflorantes en el cerro Siete Picos, al sur de El Callao, Municipio El Callao, Estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar el análisis químico de los óxidos mayoritarios que conforman las rocas en el área de estudio.

- Graficar los valores químicos usando los diferentes diagramas ternarios

- Comparar los resultados de los análisis petrográficos con los resultados de los análisis químicos

- Usar el mapa geológico, con la finalidad de cotejar las unidades geológicas aflorantes

1.3 Justificación

El presente proyecto de investigación queda más que justificada, conociendo los tipos de yacimientos asociados a las descripciones petrográficas y a los antecedentes mineros de la zona

1.4 Limitaciones

Las limitaciones fueron las propias de la metodología empleada en la investigación, ya que el éste proyecto se desarrollo en base a la información de los valores químicos suministrados.

Lo alejado del área de estudio y la logística costosa imposibilitó el rechequeo de campo.

CAPÍTULO II GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica y vías de acceso.

La zona estudiada está ubicada aproximadamente a 35 Km al Suroeste del pueblo de El Callao, Municipio El Callao. Abarca el cerro Siete Picos. Tiene como límites naturales: al Norte la serranía de Verdún y el poblado de el Callao, al Este con el río Yuruan, al Sur con el cerro Piedra del Supamo y al Oeste con el río Supamo (Figura 2.1). Conforman un rectángulo de 10 km de largo por 4 km de ancho. Su área 4.000 hectáreas (40 km²). Las coordenadas del área se ilustran en la tabla 2.1.

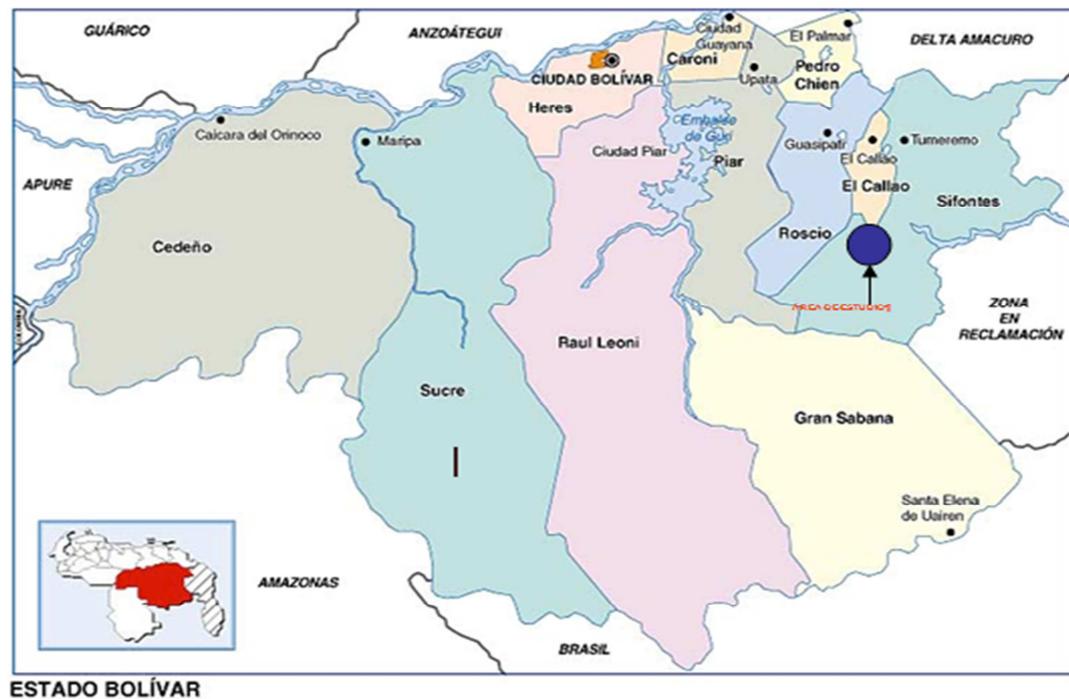


Figura 1. Ubicación del área de estudio

Tabla 2.1 Coordenadas UTM del rectángulo donde se ubica la zona de estudio.

:VÉRTICE	NORTE	ESTE
A	764.000	610.000
B	764.000	597.000
C	752.000	597.000
D	752.000	610.000

El acceso a la zona de estudio se realizó por vía terrestre usando vehículos rústicos, debidamente acondicionados; a través una trocha maderera de 18 kilómetros que va desde el poblado de El Callao al cerro Piedra del Supamo, a orillas del río Yuruan.

2.2 Caracterización físico natural del área de estudio.

La serranía de Verdún es una serie de cerros de forma alargada, que se inicia, al Sur, con el cerro Piedra del Supamo y finaliza al Norte, en el cerro El Mono, Tiene una longitud de 30 km y un ancho promedio de un km. Desde el rio Yuruan, hasta cerro del medio, por espacio de 5 km, la serranía tiene una dirección de N30°-40°W. A partir del cerro el Trueno, la serranía cambia de dirección a Norte Franco (Figura 2.2)

La zona estudiada está morfológicamente constituida por dos relieves bien diferenciados: El primero está constituido por peniplanicies y sabanas, con vegetación de baja densidad, el cual corresponde a las rocas graníticas del Complejo de Supamo. El segundo relieve es de serranías largas y estrechas, característicos en los cinturones de rocas verdes (CRV); constituido en la zona de estudio por los cerros: cerro Siete Picos, y cerro Del Medio, con una orientación preferencial N50°-60°W y con drenaje rectangular controlado por la tectónica. Al Norte de la zona de estudio, la serranía está formada por los cerros: el Trueno, cerro Largo, cerro el Mono, cerro el Brujo. Su dirección es de Norte franco. Los

gabros y las rocas ultramáficas ocupan la cresta y las partes más elevadas de la serranía. Algunas veces forman escarpes que alcanzan alturas de 600 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Figura 2.3)

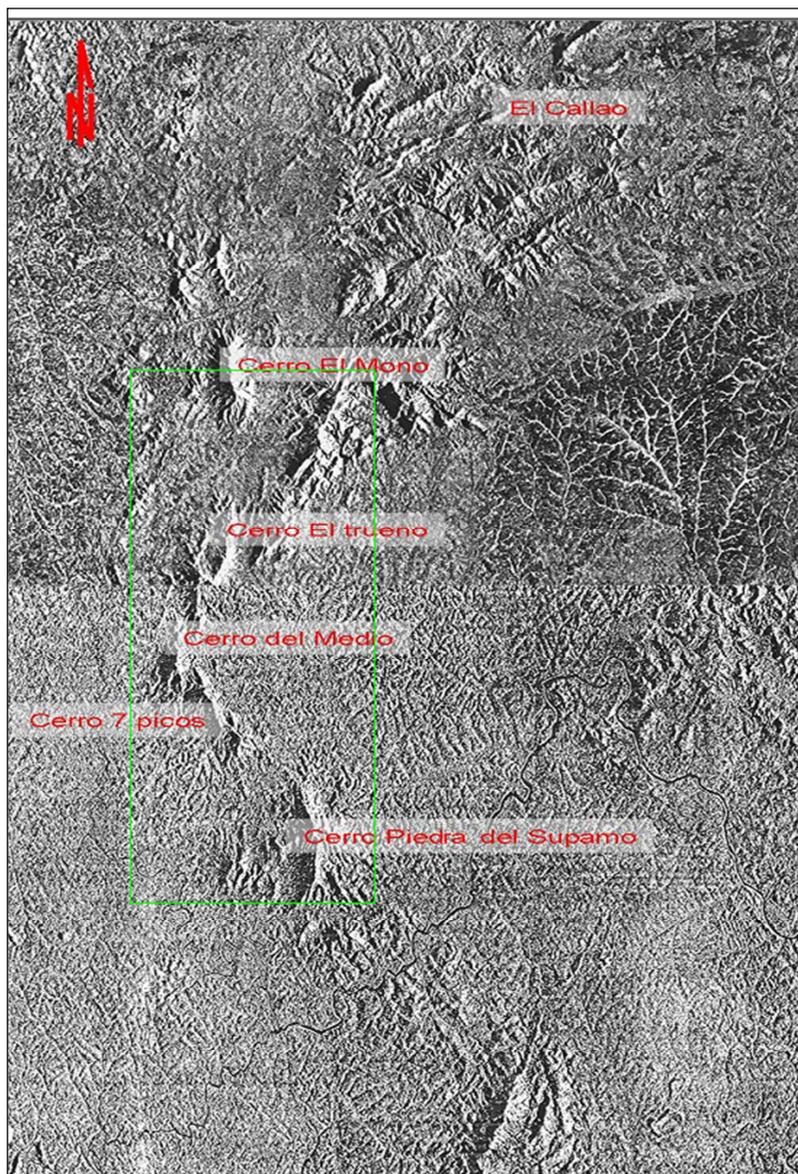


Figura 2.2 Imagen satelital a escala 1:100.000 de la zona de estudio

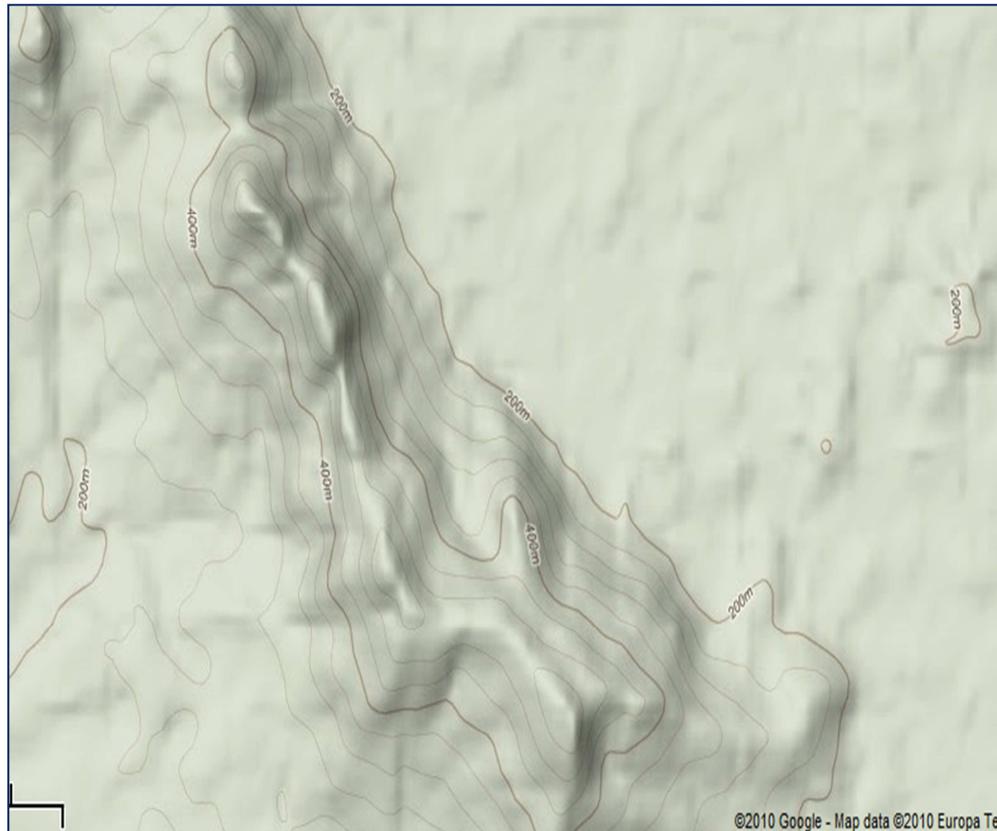


Figura 2.3 Vista satelital del cerro Siete Picos, mostrando su relieve (Google maps, 2.010)

2.2.1 Suelos.

A causa de las copiosas lluvias y temperaturas elevadas, la acción química sobre los suelos y rocas es continua y profunda.

Todos los componentes solubles de las rocas tienden a desaparecer por lixiviación permaneciendo los elementos poco móviles (Fe, Al, Si), los cuales generaron extensos mantos lateríticos.

En la zona estudiada existen dos tipos de suelos provenientes de la meteorización y descomposición de rocas graníticas del Complejo de Supamo y

las metalavas de composición basáltico-andesíticas y metagabros. Los suelos provenientes de descomposición de rocas graníticas son suelos de color blanquecino a amarillo pálido o marrón muy bajo, a veces gris negruzco y de carácter arenoso; mientras que los suelos provenientes de las descomposiciones de las rocas volcánicas son de color pardo rojizo y de carácter arcilloso.

2.2.2 Drenajes.

El drenaje del área está controlado por fallas, sistemas de diaclasas y fracturas; es de carácter rectangular y dendrítico. Está constituido por dos sistemas hidrográficos principales que son el río Supamo y el río Yuruan, los cuales drenan hacia el Sur.

2.3 Geología.

El área de estudio está ubicada dentro del escudo Guayanés, el cual se relaciona con el Escudo Brasileño o Amazonia, que hasta ahora se ha definido como la estructura geológica más antigua de Suramérica. En Venezuela el escudo Guayanés ha sido dividido en cuatro Provincias, bien diferenciadas por sus estilos de deformación y litologías, las cuales se clasifican de más antigua a más joven como Provincia Geológica de Imataca (PGI), Provincia Geológica de Pastora (PGP), Provincia Geológica de Cuchivero (PGC) y Provincia Geológica de Roraima (PGR).(Tabla2.2).

La zona estudiada forma parte de la (PGP), o Esequibo, o también llamada provincia del oro, su edad oscila entre 2000 m.a y 2700 m.a (Mendoza 1973; 1977). Esta provincia está situada al sur de la falla de Guri y al Norte de la Provincia de Roraima. Incluye dentro de un cinturón de rocas verdes (CRV) al Supergrupo Pastora, el Grupo Botanamo, el Complejo de Supamo y, fuera del territorio Venezolano. La asociación Barama-Mazaruni y del Complejo de Bartica en Guayana; las formaciones Paramaca. Rosebel y Armino en Suriman; y las

formaciones Paramaca-Bonidoro L`Orapu de Guayana Francesa (Menéndez 1973; 1977).

2.3.1 Estratigrafía regional.

SUPERGRUPO PASTORA: El Supergrupo Pastora está constituido por el grupo Carichapo y la Formación Yuruari. El grupo Carichapo (Proterozoico Inferior) está dividido a su vez en la Formación El Callao y la Formación Cicapra. Estos grupos infrayacen concordantemente a la Formación Yuruari, no llegase a observar el contacto inferior. También se presenta en contacto intrusivo con las rocas graníticas de Complejo de Supamo.(Figura 2.4).

Tabla 2.2 Provincias Geológicas del Escudo de Guayana (Mendoza, 1977).

Según Menéndez (1968)	Según Mendoza (1977)
Provincia de Imataca	Provincia Bolívar
Provincia de Pastora	Provincia Esequibo
Provincia de Roraima	Provincia Canaima
Provincia Cuchivero	Provincia Amazonas

El Supergrupo Pastora es el C.R.V más antiguos (Proterozoico Inferior). Es estrecho y alargado. El de mayor amplitud es el de El Callao (20 Km de ancho por 70 Km de largo) y el de Bochínche (20 Km de ancho por 110 Km de largo). Los cinturones de El Manteco, Sierra Verdún, El Silencio y el Cumén son los más angostos y pequeños en extensión. (Figura2.4)

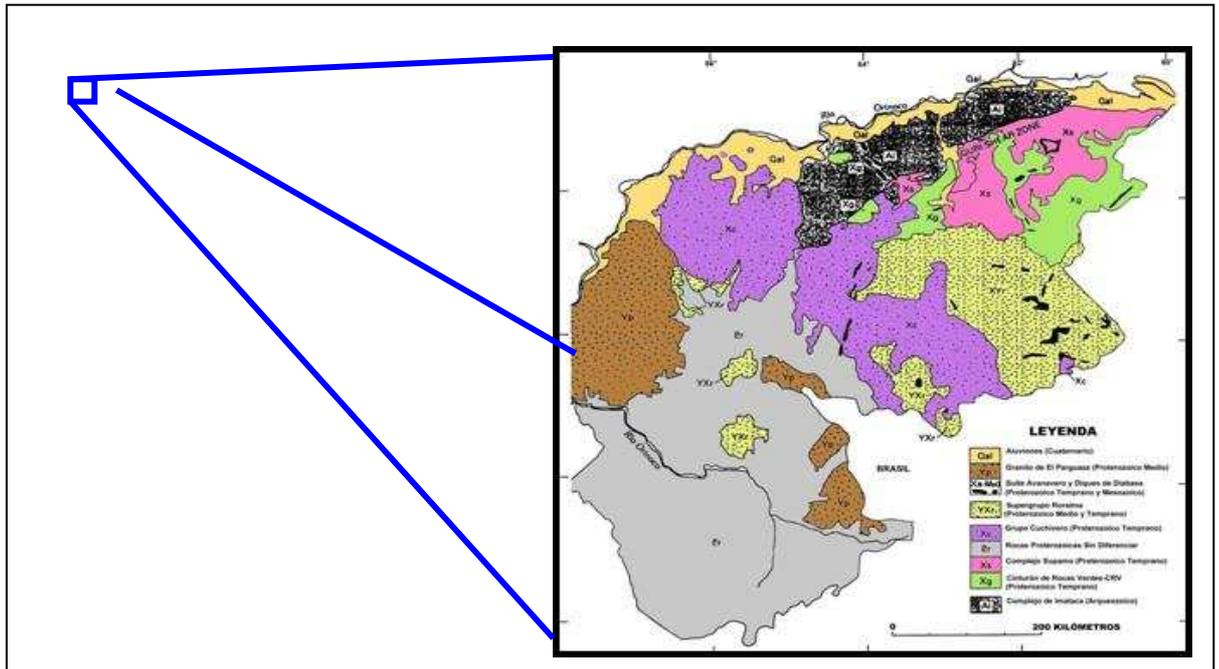


Figura 2.4. Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana destacando la Provincia Geológica de Imataca y su relación litotectónica con los cratones de Sudamérica y África (Sidder y Mendoza, 1.995 y Martín, 1.972 en Mendoza, 2.000).

El Supergupo Pastora, en la región de Guasipati-El Callao se compone del grupo Carichapo (formaciones Cicapra, Florinda y El Callao) y la Formación Yuruari (Menéndez, 1.968,1.994) (Tabla 2.3).

Para Menéndez la Formación El Callao es la parte inferior de la secuencia, su base se desconoce y aparece siempre como un contacto intrusivo con rocas graníticas del Complejo de Supamo y su contacto es de falla a transaccional (¿) con la Formación Yuruari. El Callao según Menéndez (1.968) aparece parcialmente equivalente a Cicapra y parcialmente cubierta por ella.

Tabla2.3 Supergrupo Pastora en la región de Guasipati-El Callao (Menendez, 1.972)

Súper Grupo Pastora	Grupo Carichapo	Formación Caballaje	Rocas Incrustadas	Gabro y Diabasa
		Formación Yuruari		Granito y Cuarzo Monzonita
		Formación El Callao		Complejo de Supamo
		Formación Cicapra		Pórfido de Cuarzo
		Formación Florinda		Meta - Gabro
	Anfibolita de Carichapo			

2.3.2 Antecedentes.

En el año 1.987, CVG-TECMIN realizó una prospección regional en el área denominada Serranía de Verdún, encontrando litologías de carácter ultramáfico y máfico, principalmente gabros.

Entre los años 1.998 y 1.999, las compañías Barich Gold Fields, C. A., Precambrian Gold Fields, C. A., Yuruari Gold Fields, C. A. y Yuruan Gold Fields, C. A., contratistas de CVG, reportaron que en las parcelas Chicanán 2, 3, 4, 5, 12, 13, 14 y 15 se localizaron cuerpos máfico-ultramáfico al que denominaron Complejo Estratificado de Mochila. Esta secuencia máfica-ultramáfica fue estudiada en concordancia con las características litológicas y estratigráficas observadas, las cuales indujeron a las empresas a definir al cuerpo como diferenciado. (Figura 2.5)

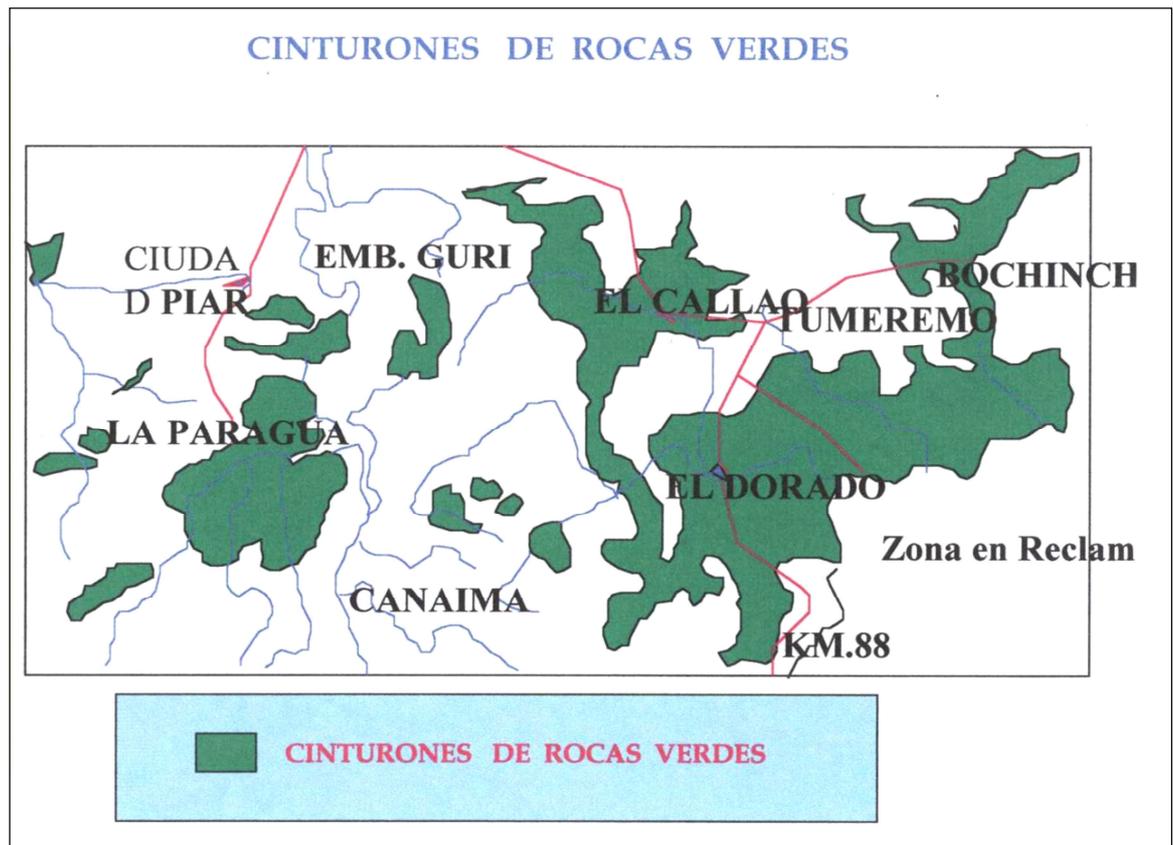


Figura 2.5 Ubicación de los cinturones de rocas verdes (CRV) en la Guayana Venezolana (Salazar, 2.004)

En el año 2.006, la compañía Minera Río Carichapo menciona secuencias ultramáficas equivalentes a rocas de Verdún en las parcelas Foco A y B, Foco 1 al 8, Fundador y Chicanán 30, 31, 32 y 33. La misma empresa indica que “...dentro de un rango de 50 kilómetros, ocupando una porción significativa de las áreas de El Foco y Chicanán, se localiza una intrusión máfica-ultramáfica diferenciada, de posible edad Proterozoica (que llamaron Complejo de Sierra Verdún-Mochila), compuesto principalmente por dunita, harzburgita, piroxenita y gabros”.

Tosíani (1989), en su estudio del sector Piedra del Supamo y sus alrededores, considera una unidad ultramáfica con la parte basal del grupo

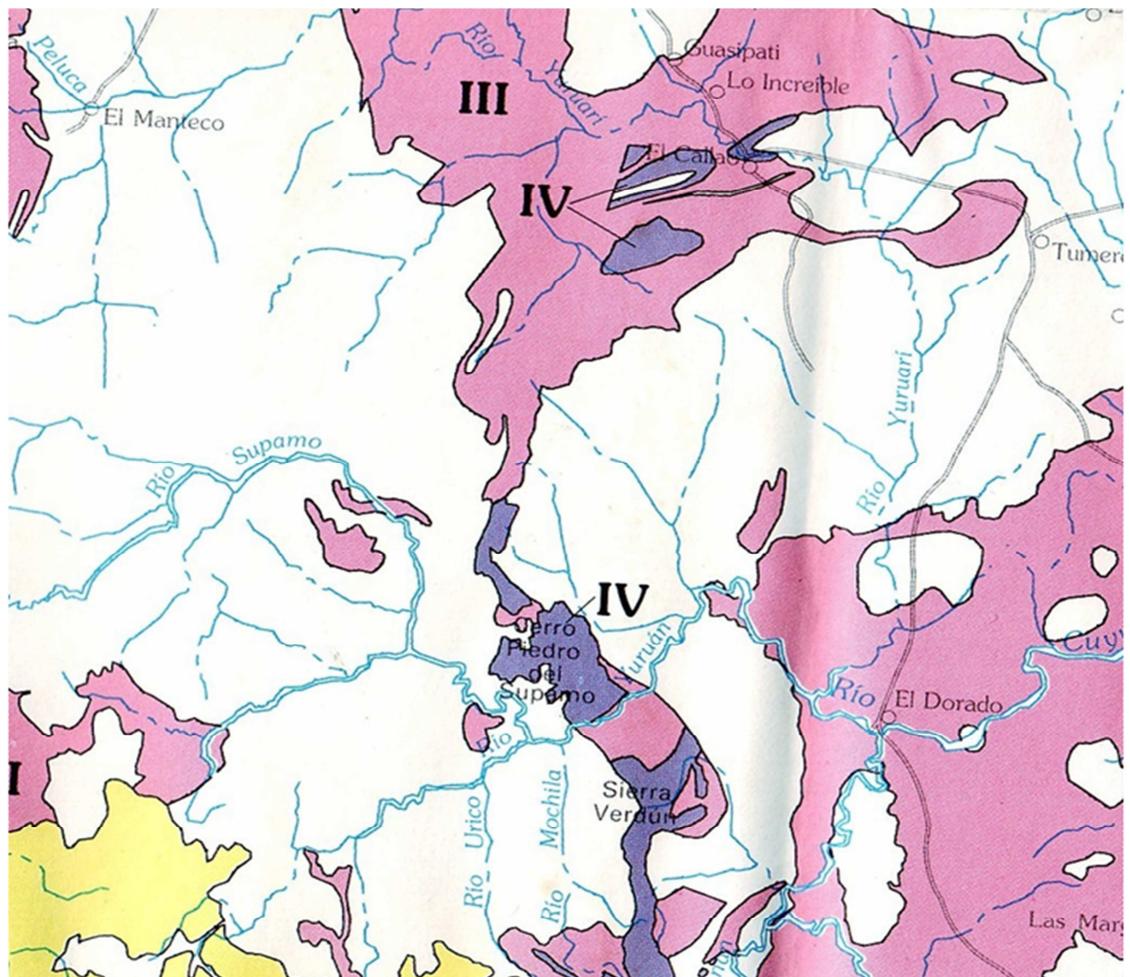
Carichapo, y sugiere el nombre formacional Yuruàn, con la sección tipo en la quebrada El Yocoima.

Por otra parte, Tosían y Sifontes (1.989), estudian el mismo complejo de Verdún. Según estos autores, la secuencia observada es:

- a) Un núcleo de rocas gabroicas, de unos 750 m de espesor.
- b) Los flancos del antiforme están ocupados por piroxenitas, de unos 250 m de espesor.
- c) Hacia el tope y sobre todo, en el flanco Oeste, encima de las piroxenitas, afloran horizontes de hasta 5-10 metros de espesor de flujos de lavas ultramáficas (comatitas, con textura de cúmulos de olivino)

Gray et.al (1.995), describen un complejo estratificado máfico-ultramáfico, intrusivo en rocas máficas basandesitas, del grupo Carichapo en la serranía de Verdún. Estas secuencias son intrusivas, en rocas volcánicas (basandesitas) en rocas más jóvenes del tipo grupo Carichapo. Según el mismo autor, las rocas ultramáficas no presentan textura espinifex, y son de alto contenido en MgO, de acuerdo a estas características petrográficas y químicas se clasificaron como peridotitas.

El servicio geológico de los Estados Unidos (USGS), interpretó la región, en la búsqueda de depósitos tipo Kuroko y depósitos de Ni-Cu. De acuerdo al marco metalogenético regional, ellos concluyeron que el complejo máfico-ultramáfico de Verdún se ubica entre los yacimientos de Ni-Cu y elementos del grupo Platino (Figura 2.6)



EXPLANATION

III	Kuroko-type massive sulfide deposits
IV	Synorogenic-synvolcanic nickel-copper deposits and related platinum deposits
V	Carbonatite deposits and diamond-bearing kimberlite pipes
VII	Sedimentary kaolin deposits

Figura 2.6 Permissive domains for Kuroko-type massive sulfide deposits, synorogenic-synvolcanic nickel-copper deposits and related platinum deposits.

(USGS, 1.993)

2.3.3 Contexto tectónico.

Para comprender los eventos geológicos ocurridos en la zona de estudio, es necesario georeferenciarlos a la teoría de la tectónica de placas, descrita por Tarbuck, et al, y en la cual, el CRV de Verdún se emplaza dentro de una secuencias volcánicas más antigua y plegadas, o sea que tenemos CRV de tendencia lineal al Norte y al Sur de la zona de estudio, intrusionando secuencias plegadas.

El mecanismo mediante el cual fragmentos de litosfera oceánica son emplazados en márgenes continentales o arcos de isla a través de zonas de sutura, es desconocido. Normalmente la litosfera oceánica puede descender por debajo de la zona de Benioff. Sin embargo, es fácil especular que procesos inusuales pueden ser involucrados para causar que remanentes de litosfera oceánica pueda emerger, con el paso del tiempo, en una cuenca oceánica (Figura 2.7).

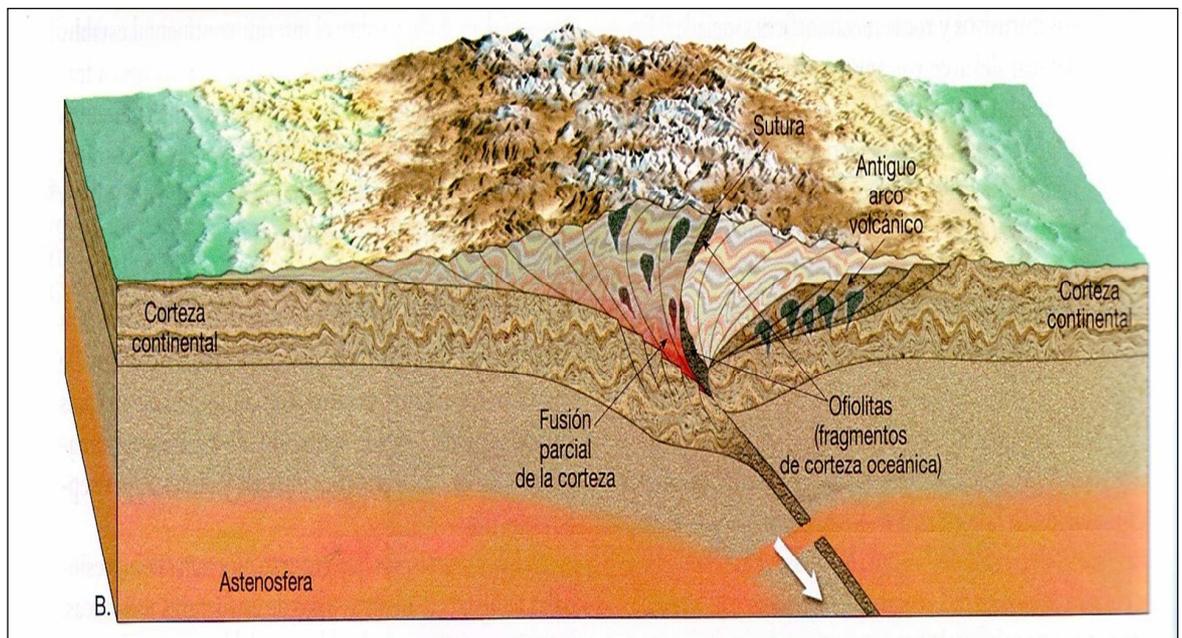


Figura 2.7 Ilustración en la que se muestra la formación de las principales estructuras de un cinturón montañoso compresional, incluido el cinturón de pliegues y cabalgamientos. (Tarbuck, 2005).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.2 Datos geoquímicos.

La data geoquímica se elaboró a partir del uso de técnicas analíticas, que son los procedimientos físico-químicos que se emplean para determinar la composición química de una sustancia, que en nuestro caso son muestras de rocas.

Estas técnicas se caracterizan por sus objetivos analíticos, que en este caso son elementos químicos y compuestos capaces de identificar y determinar cuantitativamente, por su precisión, por su exactitud y por su límite de detección:

- La precisión puede definirse a partir del coeficiente de variación, que es igual a 100 veces la desviación estándar, dividida por la media, también conocida como la desviación estándar relativa. También con frecuencia se identifica la precisión como una desviación estándar de la media. La precisión durante una sección analítica es repetibilidad y la precisión a lo largo de un determinado periodo de tiempo se conoce como reproductibilidad (Hernández et al. 1.991).

- La exactitud es la estimación del grado de aproximación del valor medido al valor real. El valor real se establece a partir de valores recomendados internacionalmente para muestras geológicas estándar.

- El límite de detección corresponde al contenido (concentración) mínimo de un elemento que es capaz de ser detectado por esa técnica. Algunas de estas técnicas son de carácter no destructivos, es decir, que la muestra analizada no sufre ningún tipo de alteración tras su procesamiento, como por ejemplo XRF, INAA; mientras que otras requieren la dilución o transformación de la muestra, que queda inutilizada para usos posteriores, como por ejemplo ICP y AAS.

Las técnicas analíticas utilizadas en la actualidad para análisis químicos de muestras geológicas son : espectrometría de fluorescencia de rayos-X (XRF), espectrometría de plasma de acoplamiento inductivo (ICP), espectrometría de absorción atómica (AAS), activación neutrónica (INAA y RNAA), espectrometría de masas IDMS y ICPMS), microsonda electrónica y microsonda iónica. Estas técnicas se describen a continuación:

- La técnica analítica de fluorescencia de rayos-X (XRF), se basa en la provocación de la emisión de rayos-X por parte de los átomos de la muestra analizada, a partir de su excitación por un haz de rayos-X primario, que es producido por la fuente de emisión del espectrómetro (tubo de rayos-X). Mediante esta técnica se pueden determinar hasta 80 elementos químicos. Su principal limitación consiste en que no se pueden analizar por ella elementos con número atómico inferior al del Sodio (Na=11).

- La determinación de elementos trazas se realiza en pastillas de polvo prensado y aglutinado mediante una resina (Elvacite). Los elementos mayores se determinan en pastillas vitrificadas obtenidas por la fusión de la muestra con metaborato o tetraborato de Li, y con algún compuesto de elementos pesados (generalmente REE), para compensar el efecto de matriz.

- La técnica de análisis por espectrometría de emisión por acoplamiento inductivo de plasma (ICP), se basa en la emisión de radiación óptica por los átomos de la muestra disuelta e inyectada en un plasma de Argón que es calentado y excitado por un sistema de radiofrecuencia y un sistema de ignición Tesla. El espectro luminoso emitido es posteriormente amplificado y medido por el sistema espectrométrico y fotométrico del equipo, determinándose las concentraciones de los elementos por calibración frente a patrones de referencias. Esta técnica es capaz de detectar la mayoría de los elementos. Los límites de detección son muy bajos y la realización de los análisis es muy rápida una vez que se ha llevado a cabo la disolución de la muestra.

- La técnica de análisis por ICP puede combinarse con la de espectrometría de masas (ICP_MS) (Date y Jervis, 1.989), que permite el aumentar los límites de detección, la determinación de algunos elementos como tierras raras (REE), que se interfieren en la técnica analítica por ICP y la realización analítica isotópica.

- La técnica de espectrometría de masas (MS), consiste en la separación de los átomos ionizados de la muestra (previamente sometida a disolución y separación química de los elementos problema) y su posterior cuantificación. Los iones son generados por bombardeo de electrones de la muestra gaseosa o por ignición de un filamento incandescente en el que se ha depositado una muestra preparada. Estos iones son inyectados y acelerados en una cámara curva que es atravesada por un campo magnético muy intenso que desvía los iones en función de sus masas, canalizándoles a unos detectores que les contabilizan, permitiendo el cálculo de su concentración en la muestra a través de las relaciones entre los distintos isótopos y la comparación con las relaciones de las muestras de calibración.

- Una técnica analítica basada en la espectrometría de masas, es la espectrometría de masas con fuente de chispa (SSMS) (Taylor y Gorton, 1.977), mediante la que es posible la determinación simultánea de unos 40 elementos trazas, con un límite de detección de 1 a 10 ppb. En esta técnica, la muestra se mezcla con grafito marcado isotópicamente con el que se confeccionan unos electrodos de muestra, cuya ignición en una cámara de vacío genera los átomos ionizados, cuyo espectro se analiza en los detectores del espectrómetro.

- La técnica de espectrometría de absorción atómica (AAS), se basa en el hecho de que los elementos atomizados absorben las radiaciones electromagnéticas correspondientes a las longitudes de ondas que corresponden a las energías (niveles) de excitación de sus electrones. El equipo analítico dispone de una fuente de luz (lámpara) que permite la radiación lumínica característica de los elementos objeto de análisis y que es absorbida por la muestra en estado

vaporizado y atomizado. La atomización de la muestra diluida se verifica por ignición de una llama de acetileno-aire o acetileno-óxido nítrico. Un detector evalúa el grado de absorción de la luz correspondiente al elemento problema y el grado de absorción es medido por un fotodetector y convertido en concentración a través de la comparación con unos patrones calibrados. Las limitaciones de esta técnica son que las muestras geológicas tienen que ser diluidas y de que solo se pueden analizar un elemento a la vez, lo que hace relativamente lento los análisis multielementales. Todos los elementos mayores, con la excepción del P, pueden ser determinados por esta técnica y una serie de elementos trazas como: Be, Ba, Co, Cr, Cu, Li, Ni, Pb; Rb, Sr, V y Zn.

Las determinaciones por AAS, son comúnmente aplicadas para determinación de los elementos como Be y Li, con números atómicos bajos, que no pueden determinarse por XRF, para análisis rutinarios de metales de transición en muestras de suelos y sedimentos (Prospección geoquímica) y para análisis no rutinarios de elementos difíciles de determinar por otras técnicas analíticas.

3.2.4 Análisis petrográfico

Es el análisis que se realiza en laboratorio con equipos ópticos, haciendo posible determinar la identidad de un mineral que sea desconocido por completo o difícil de identificar macroscópicamente, así como conocer el porcentaje o la cantidad en que pueda presentarse dicho mineral en una muestra determinada.

3.2.5 Sección delgada (fina)

Preparación óptica de un mineral o roca consistente en una fina lamina adherida mediante bálsamo de Canadá, a un portaobjetos y convenientemente pulida hasta conseguirse un espesor de aproximadamente 30μ (0,03 mm). Las secciones delgadas tienen ordinariamente 0,03 mm de espesor, el portaobjetos 1,5

mm de espesor y el cubreobjetos 0,17 mm de espesor; y las dimensiones están dadas por 75 x 25 mm para los portaobjetos y 35 x 22 mm para los cubreobjetos.

El análisis petrográfico ha considerado los siguientes aspectos, según las necesidades de este trabajo de investigación:

- ❖ Identificación de los minerales por sus características ópticas.
- ❖ Estimación del porcentaje de cada mineral mediante conteo visual.
- ❖ Tamaño promedio de los granos.
- ❖ Forma e interrelación de los diferentes minerales que constituyen las muestras.
- ❖ Textura y estructura de la roca.

Rocas Plutónicas: Las rocas plutónicas son el producto de la cristalización de magmas a profundidades considerables en la corteza terrestre. Son rocas caracterizadas por texturas granudas, de grano medio-grueso, y con una mineralogía variable, que permite su clasificación detallada, al ser estudiada mediante microscopía petrográfica.

Orden de cristalización de minerales: identificable en muchos casos por las relaciones texturales que se establecen entre ellos. Este orden de cristalización está determinado por dos factores principales: la termodinámica del proceso de cristalización, y la composición concreta del magma que cristaliza. El primer factor fue estudiado por Bowen, que observó que la cristalización de los minerales durante el enfriamiento de un magma sigue, en términos generales, una secuencia determinada, que se puede subdividir en dos grandes ramas la denominada rama discontinua (minerales ferromagnesianos), y la rama continua (plagioclasas), que

convergen en un tronco común, que corresponde a la cristalización de feldespato potásico y finalmente cuarzo, siempre los últimos en cristalizar. Es lo que se conoce con el nombre de **Serie de Bowen**. La mayor o menor evolución de la serie depende fundamentalmente del contenido inicial en sílice, debido a que las reacciones (p.ej., olivino \rightarrow piroxeno \rightarrow anfíbol) implican un consumo creciente de este componente ($\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + \text{SiO}_2 \rightarrow 2\text{MgSiO}_3$). (Figura 3.1):

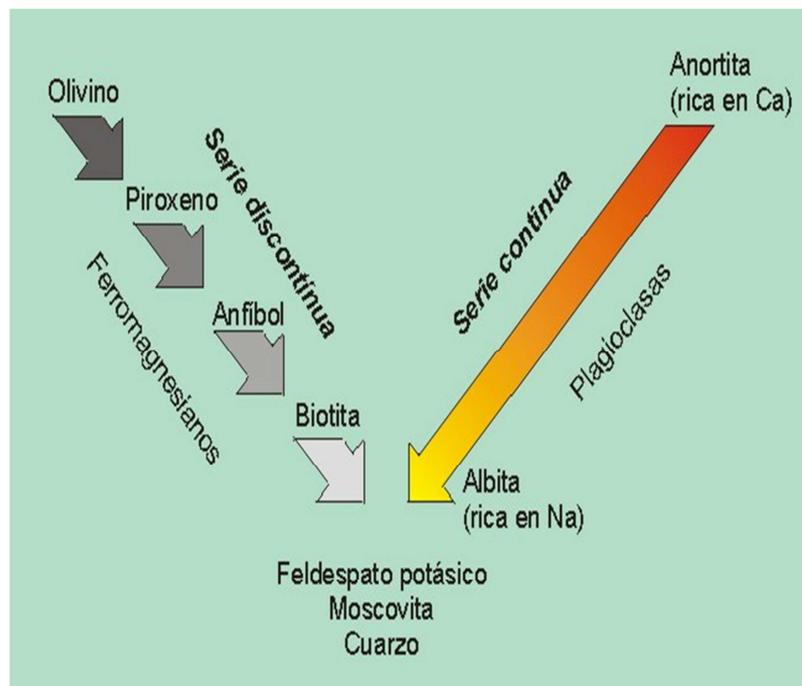


Figura 3.1 Series de reacciones de Bowen para las series continua y discontinua(www.uclm.es)

3.2.6 Clasificación de las rocas magmáticas

La mayoría de las rocas magmáticas de la Tierra se constituye en más de 90% del peso de minerales de silicato y cuarzo o sólo de minerales de silicato. En poco porcentaje de peso pueden participar óxidos de Fe y de Ti, en menor porcentaje de peso pueden presentarse fosfato de calcio y otros minerales. En general se puede presentar la composición de las rocas magmáticas completamente o casi completamente por medio de su contenido en los óxidos

siguientes: SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe(3+)₂O₃, Fe(2+)O, MnO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, CO₂, SO₃ y H₂O. Normalmente SiO₂ es el componente dominante.

Clasificación por el contenido de SiO₂

Una clasificación simple de las rocas magmáticas se basa en su contenido en SiO₂. (Tabla 3.1)

Tabla 3.1 Clasificación de las rocas magmáticas, de acuerdo al contenido de sílice

magmatitas ácidas:	>65% de SiO ₂
magmatitas intermedias:	65 - 52% de SiO ₂
magmatitas básicas:	52 - 45% de SiO ₂
magmatitas ultrabásicas:	<45% de SiO ₂

El contenido mineral modal de las rocas magmáticas varía ampliamente con los contenidos en los óxidos. La variabilidad de las rocas magmáticas se basa en los procesos de su formación mencionados en lo siguiente:

- a) Formación de magmas primarios diferentes en el manto superior.
- b) Formación de magmas en la corteza oceánica profundamente hundida.
- c) Diferenciación de estos magmas por cristalización fraccionada.

d) Interacción de los magmas de origen profundo con las rocas de la corteza terrestre y su evolución por medio de diferenciación y otros procesos.

La nomenclatura siguiente se funda en las reglas de la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas. Dichas reglas se presenta en el triángulo doble de Streckeisen y otros diagramas.

En el caso de las plutónicas y diques completamente cristalinos la clasificación se basa en el contenido mineral modal. El contenido mineral modal significa la participación cuantitativa de los minerales en porcentajes de volumen global de la roca en cuestión y se puede determinarlo cuantitativamente (Figura 3.2).

3.2.6.1 Uso del diagrama: Para la presentación de una roca magmática se debe conocer su contenido mineral modal (Figura 3.3).

Métodos simples para determinarlo son los siguientes:

1. Para rocas intrusivas y hipabisales (subvolcanicas)

2. Para rocas vólcanicas

a) Se determina el contenido cualitativo de la roca identificando todos los minerales microscópicamente visibles y se estima la participación de cada tipo de mineral.

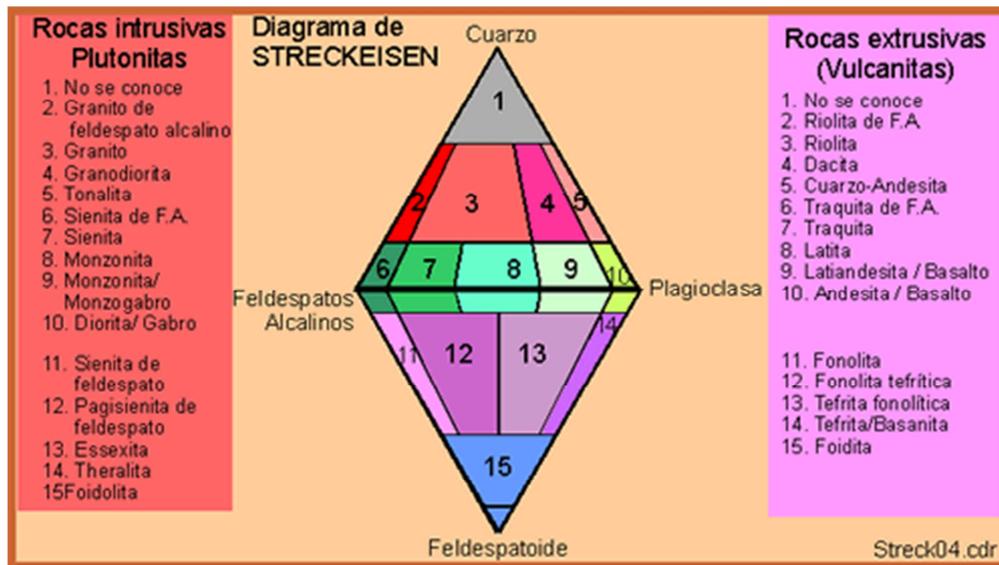


Figura 3.2 Diagrama de STRECKEISEN (www.uclm.es)

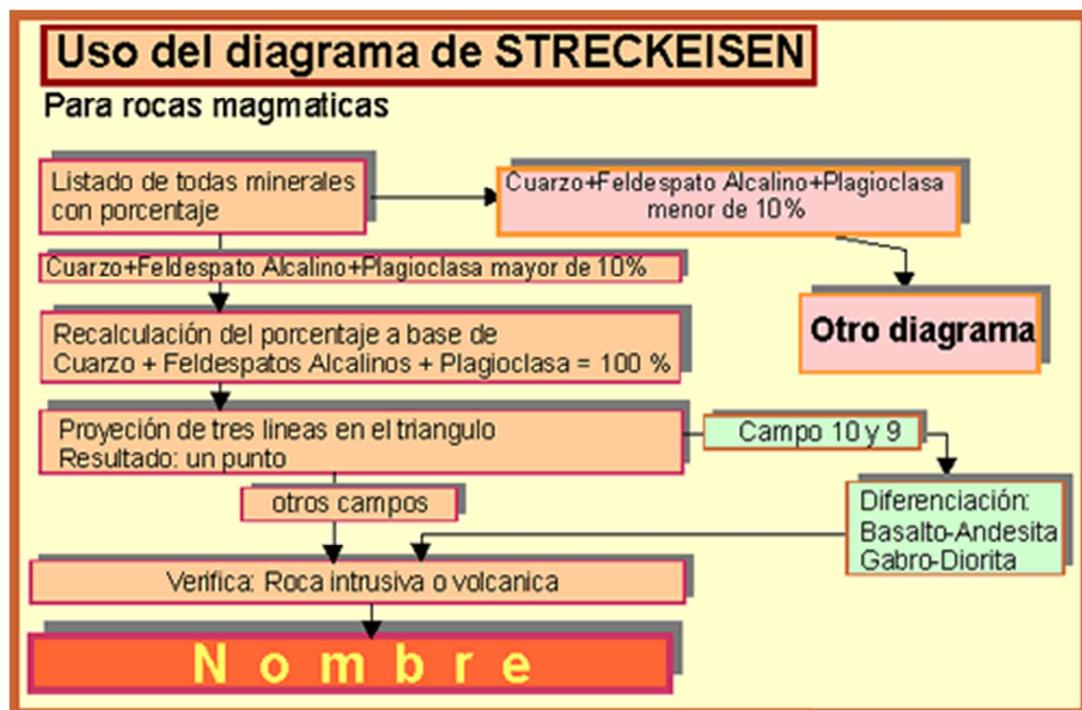


Figura 3.3 Usos del diagrama de Streckeisen en rocas magmáticas(www.uclm.es)

b) Se determina el contenido cualitativo de la roca observando una sección transparente de la roca en cuestión a través de un micropolariscopio, identificando todos los minerales y contando los diferentes tipos de minerales (por ej. por medio

de un 'point counter'), que aparecen en un área definida, por ej. de la dimensión 10 x 10 mm².

Los cuatro parámetros del triángulo doble de Streckeisen son

1. Q = Cuarzo y otros minerales de SiO₂.
2. A = Feldespato alcalino (feldespato potásico incluido pertita y albita con menos de 5% del componente anortita, sanidina).
3. P = Plagioclasa (An 5 a 100), scapolita.
4. F = Feldespatoides : leucita, calsilita, nefelina, sodalita, noseana, hauyna, cancrinita, analcima y los productos de transformación de estos minerales.

Los porcentajes de volumen de los componentes A, P, Q o F se determina contando los componentes A, P, Q o F o se aplica una de las normas especiales a un análisis químico de la roca. Se convierte los porcentajes de volumen de A, P, Q o F a 100% y los resultados se presenta en el triángulo doble de Streckeisen. De tal modo se puede clasificar una roca magmática y se obtiene la denominación de la roca en cuestión (Figura 3.4).

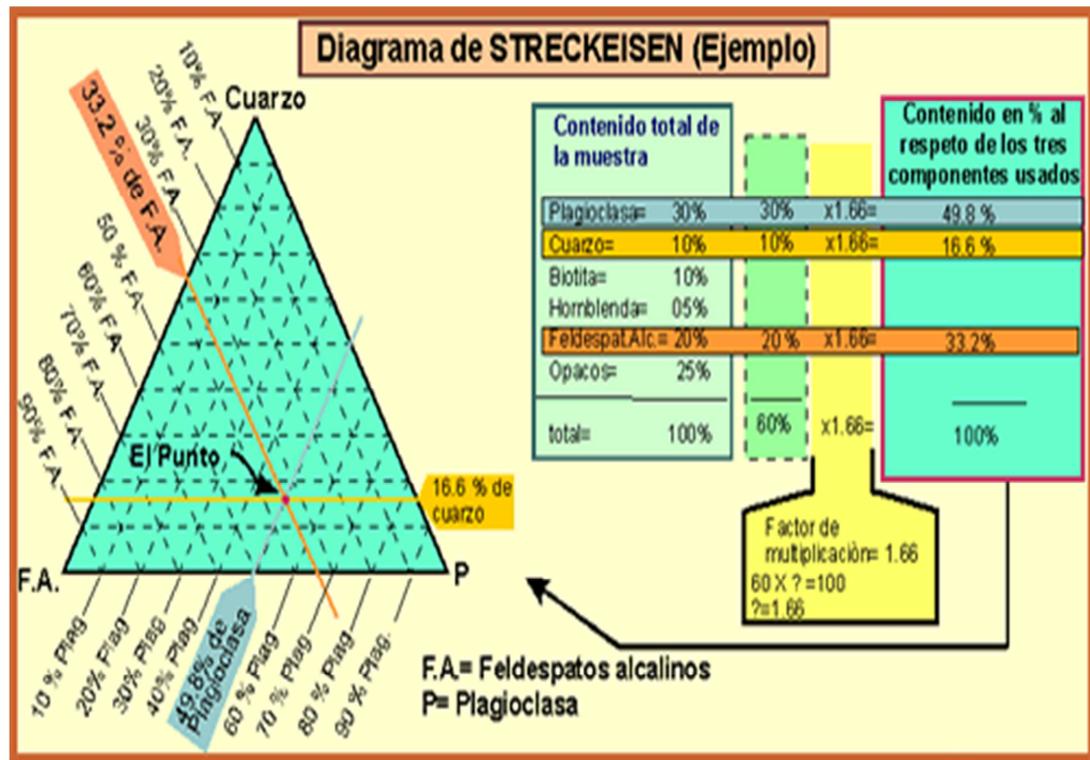


Figura 3.4 Clasificación de una roca magmática usando los porcentajes de cuarzo, plagioclasa y feldespato alcalino (www.uclm.es)

El problema de campo 9 y 10 (Andesita-Basalto/Diorita-Gabro).

Dioritas/andesitas y gabros/basaltos caen en el mismo campo (campo10) del triángulo doble de Streckeisen. Casi el único componente claro, de que se constituyen, es la plagioclasa. Se distingue entre diorita y gabro con base en la composición de la plagioclasa (Tablas 3.2 y 3.3):

Tabla 3.2 Composición de plagioclasa para distinguir entre Andesita/Basalto

Andesita	Basalto
An 30-50%	An 50-90%
Hornblenda	Augita
Biotita	Olivino
más clara	más oscuro
porfídica	textura fina

Tabla 3.3 Composición de plagioclasa para distinguir entre Diorita/Gabro

Diorita	Gabro
An 30-50%	An 50-90%
Hornblenda	Augita
Biotita	Olivino
más clara	más oscuro

Andesita y Basalto son rocas volcánicas, Diorita y Gabro son rocas intrusivas

Contenido de minerales amorfos

En el caso de las vulcanitas adicionalmente se puede indicar su contenido en vidrio como sigue: 0 - 20 % de volumen: llevando vidrio.

20 - 50 % de volumen: rico en vidrio.

50 - 100 % de volumen: vidrioso.

Vulcanitas ácidas y vidriosas con un porcentaje de volumen mayor que 80% se llaman obsidiana o 'Pechstein'.

Los minerales máficos: Los minerales máficos no se presentan en el triángulo doble de Streckeisen. Minerales máficos son micas de Fe y Mg, anfíboles y piroxenos, olivino, menas, circón, apatito, titanita, epidota, ortita, granate, melilita, monticelita y carbonatos primarios.

Según su composición la muscovita no pertenece a los minerales máficos, pero tampoco pertenece a los componentes A, P, Q y F. Los minerales máficos se toman en cuenta de tal modo, que se determinan su participación en la roca magmática en cuestión. Si su participación es menor de 90% (índice de color $M < 90$), se utiliza el triángulo doble de Streckeisen. Si su participación es mayor de 90% ($M > 90$), se trata de una roca ultrabásica, la cual se clasifica a través de otros diagramas, que se basan en el contenido de los minerales máficos. Para todas las categorías de rocas del triángulo doble de Streckeisen se puede utilizar una clasificación suplementaria en base de su índice de color empleando los prefijos siguientes (Tabla 3.4)

Tabla 3.4 Prefijos usados para clasificar las rocas en función de su índice de color

Nombre	M (cant. de máficos)
leuco-	M= 0 - 35%
meso-	M= 35 - 65%
mela-	M= 65 - 90%
ultramáfi co	M= 90 - 100%.

Rocas, cuya composición se presenta al lado izquierdo del triángulo doble de Streckeisen es decir rocas ricas en A y Q o A y F, son más pobres en minerales máficos que las rocas, cuya composición cae al lado derecho de este triángulo o es decir rocas ricas en P y Q o P y F. Además se puede utilizar triángulos, que proporcionan los contenidos en minerales máficos, feldespatos y cuarzo o feldespatoideos en vez de cuarzo. Para la presentación de los cuatro componentes se debe utilizar un tetraedro. Reglas especiales se emplea para rocas, que llevan melilita (sorosilicato, que forma pares de tetraedros de $(\text{SiO}_4)^{4-}$, $(\text{Ca},\text{Na})_2((\text{Mg},\text{Fe}^{2+},\text{Al},\text{Si})_3\text{O}_7)$ y carbonatos.

Diagrama de la clasificación a base de Olivino-Piroxenos

Para $m > 90\%$: Contenido de minerales máficos mayor de 90 %, se usa el grafico de la figura 3.5

Diques y rocas subvolcánicas (hipabisales)

La nomenclatura para los diques y rocas subvolcánicas no se practica uniformemente, pero se tiende a acercarla a la nomenclatura de las rocas plutónicas. En el caso de estas rocas se elige una denominación, que también indica propiedades especiales de su textura, por ej. se llama microgranito a un dique o una roca subvolcánica de composición granítica o se llama microgranito porfídico a un dique con inclusiones de feldespato y/o cuarzo en una masa densa o de grano muy fino.

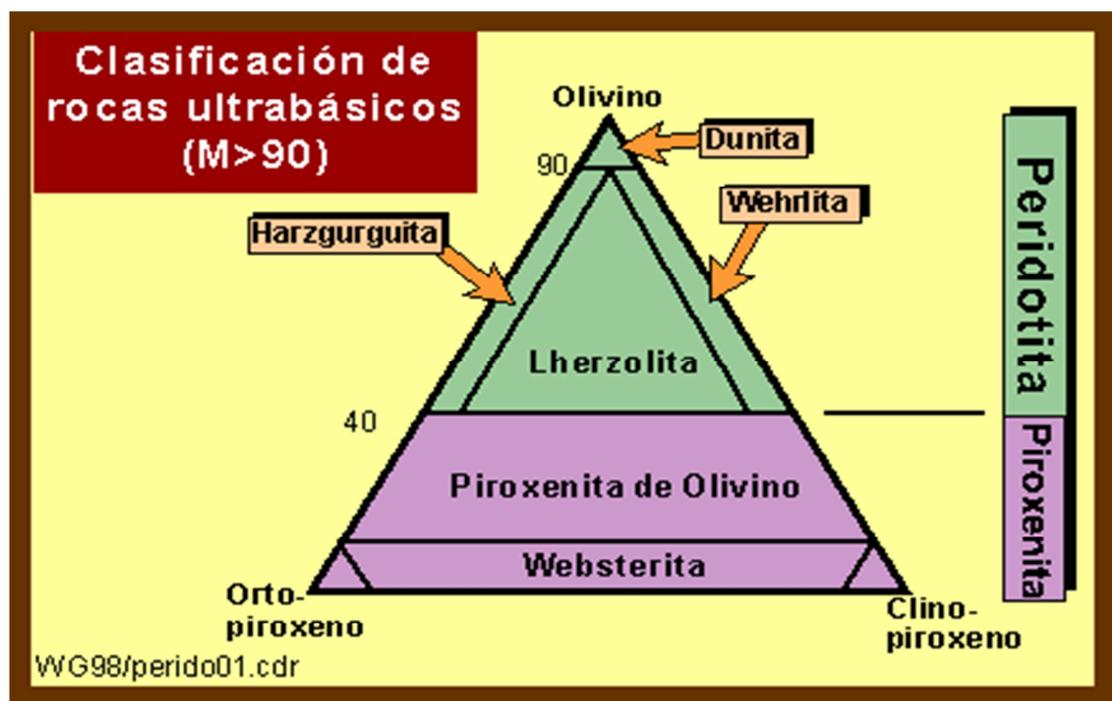


Figura 3.5 Grafico de Streckeisen para clasificar rocas ultramáficas(www.uclm.es)

a) Según STRECKEISEN para rocas intrusivas:

b) Nombres especiales: Pegmatita / Aplita / Lamprófidos

Ejemplos:

Granito porfidico: Dique con Cuarzo, Feldespatos Alcalinos y Plagioclasa con una textura porfidica.

Microdiorita: Dique con Plagioclasa, pero con cristales pequeños.

Pegmatita: Dique normalmente oscuro con cristales demasiado grandes (10 cm-1m) de minerales y elementos químicos muy escasos. Aplita:

Dique blanco con cristales pequeños.

Lamprófidos: composición mesocrática a melanocrática.

3.7 Procesos postmagmáticos que probablemente han afectado las rocas bajo estudio.

Metamorfismo: Las evidencias petrográficas indican que las rocas estudiadas solo sufrieron condiciones de metamorfismo de grado bajo a medio (esquistos verdes y anfibolitas).

Alteraciones debido a fluidos hidrotermales: En casi todas las muestras de campo se observaron fracturas rellenas de epidoto, cuarzo y/o clorita. La mayor parte de las rocas estudiadas han sufrido alteraciones hidrotermales en menor o mayor grado.

En la zona estudiada los procesos más comunes de alteración observados son el de silicificación, por lo cual la composición química original de estas rocas cambió considerablemente.

Al sur de la zona de estudio en la localidad del cerro Del Medio, se observaron dos procesos de alteración: silicificación y serpentización.

Meteorización: Las unidades litológicas han sufrido un alto grado de meteorización apreciable por la abundancia de suelos y costas lateríticas que reflejan la meteorización en clima tropical húmedo. Durante la meteorización, los elementos solubles de las rocas son removidos debido a los procesos de lixiviación.

Debe considerarse que las rocas estudiadas no tienen un mismo ambiente de formación u origen magmático debido a que corresponden a diferentes eventos geológicos. Este hecho no impide que sus características petroquímicas correspondan a la misma serie magmática.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

El marco metodológico del presente trabajo de investigación se realizó de acuerdo a los aspectos descritos por Balestrini Acuña, 2001.

4.1 Tipo y diseño de investigación.

De acuerdo al problema planteado, referido a la caracterización petroquímica de las rocas aflorantes en el cerro Siete Picos, al sur de el Callao, Municipio El Callao, Estado Bolívar, y en función de sus objetivos, el tipo de investigación se enmarcó dentro de los siguientes aspectos: descriptivo y analítico. De acuerdo a la línea de investigación planteada, la misma se orientó de acuerdo con el siguiente flujograma (Figura 4.1).

4.1.1 Recopilación bibliográfica, cartográfica y química.

Para el desarrollo de la investigación se tomó como punto de partida, el trabajo de investigación realizado por Acosta (2010) titulado “Caracterización geológica y geoquímica del cerro siete picos, ubicado en el complejo máfico-ultramáfico estratificado de Verdún, al Sur del Callao, Distrito Roscio. Estado Bolívar”, donde se realizaron: el mapa geológico del cerro Siete Picos, el mapa de ubicación de muestras y la tabla de los valores químicos para las muestras en cuestión. En las y se aprecian las coordenadas de ubicación de las muestras y los valores químicos respectivamente

4.2 Revisión de los análisis petrográficos

Como ya se indico en capítulos anteriores, el universo en estudio consta de diez y ocho (18) muestras con análisis petrográficos.

Estos análisis fueron realizados en los laboratorios de la dirección de geología, división de petrología del ministerio de Energía y Minas, en el año 1.991. En la tabla 4.1 se da la ubicación por coordenadas de éstas muestras; así como su identificación petrográfica, igualmente, la figura 4.2 indica su posición en el área

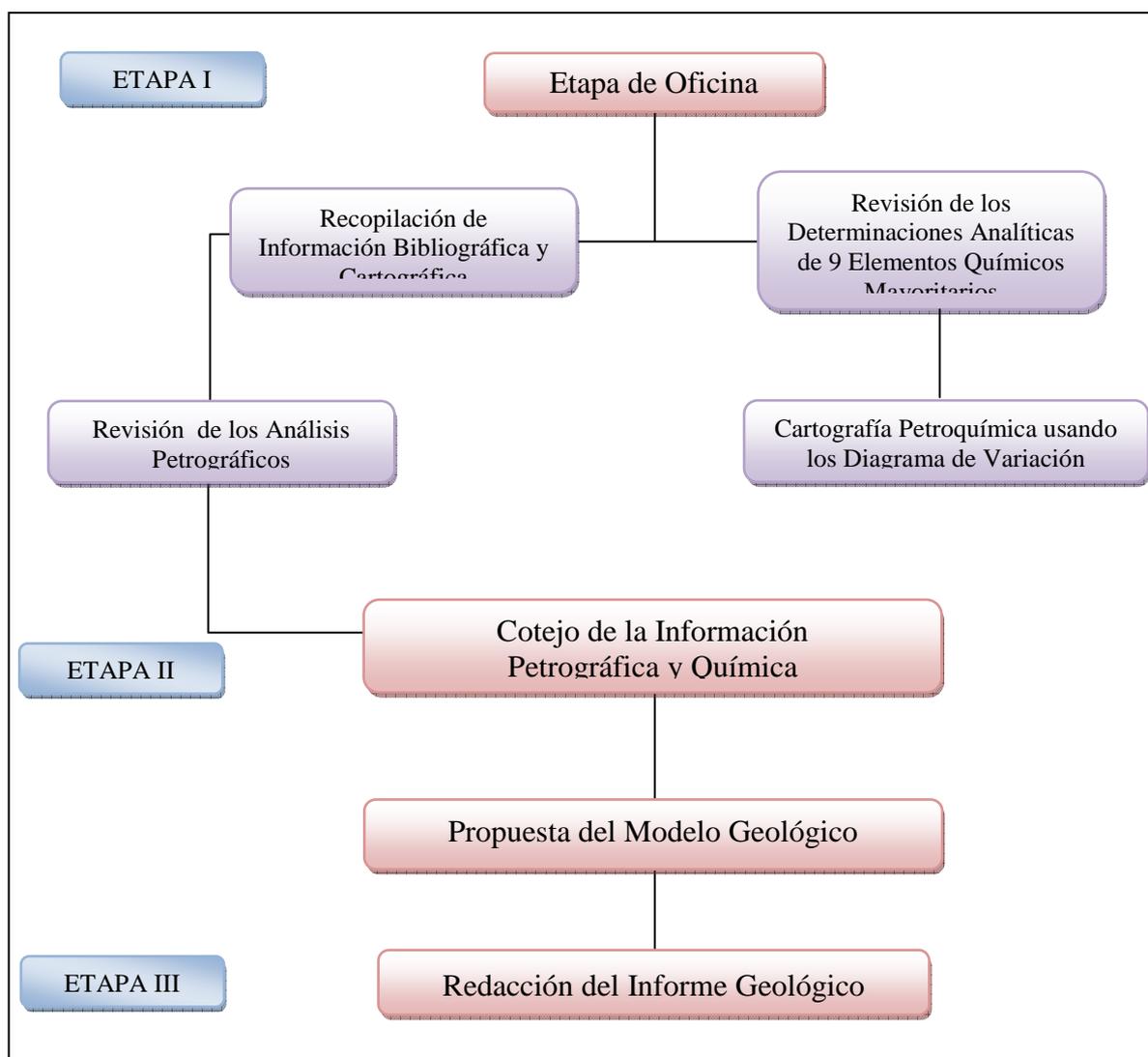


Figura 4.1 Metodología aplicada durante el desarrollo del presente proyecto de investigación

4.3 Revisión de los análisis químicos

En el ANEXO 1 se muestran los valores químicos de las diez y ocho (18) muestras de rocas, determinadas por el método de absorción atómica. Los análisis fueron realizados en el laboratorio químico de la empresa CVG TECNICA MINERA C.A

Tabla 4.1 ubicación por coordenadas de las muestras y su identificación

Muestra	COORDENADAS		IDENTIFICACIÓN PETROGRAFICA
	NORTE	ESTE	
35			Diabasa
47	6038 10	7599 29	esq anfib
50	6038 27	7597 69	basalto
53	6045 19	7598 14	esq anfib
55	6045 59	7590 56	esq anfib
57	6058 27	7596 66	gabro
58	6060 44	7591 01	metagbro
60	6037 84	7584 91	peridotita
65	6037 98	7584 80	esq anfib
68	6049 02	7576 88	metapxenita
73	6059 96	7575 57	dunita

99	6068 33	7575 22	esq anfib
100	6074 15	7578 34	dunita
103	6068 47	7566 41	dunita
104	6070 70	7565 14	esq anfib
124	6081 76	7564 75	diabasa
157	6078 18	7563 24	esq anfib
166	6080 64	7562 76	leucogranito

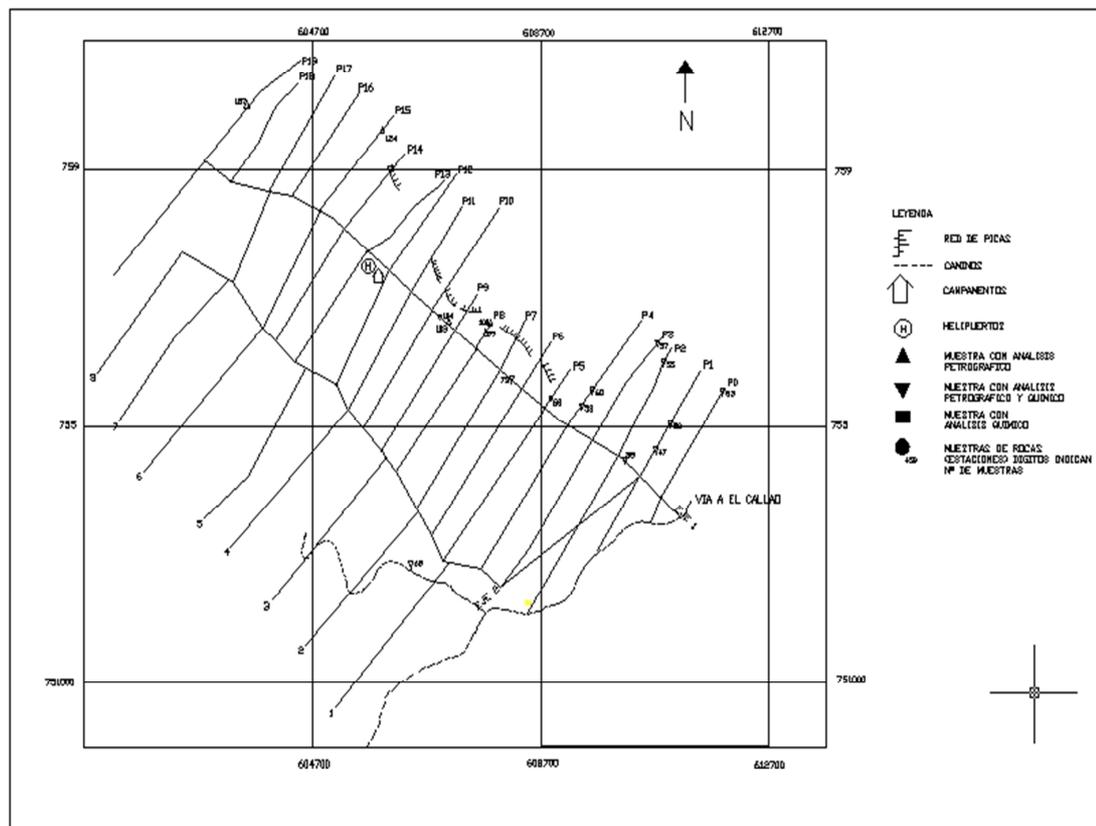


Figura 4.2 Posición relativa de las muestras en el área de estudio (Acosta, 2010)

4.4 Cartografía petroquímica usando los diagramas binarios y ternarios

Una vez suministrados los datos químicos, de las diez y ocho (18) muestras de rocas, estas fueron transcritas a una tabla EXCEL. Seguidamente, se aplicó el programa TRIDRAW para determinar los diagramas de Jensen, AFM, K_2O - Na_2O -CaO y los gráficos TAS y K_2O vs SiO_2 . Mediante éste procedimiento se determinó el carácter de los magmas de las muestras del cerro Siete Picos

4.5 Cotejo de la información petrográfica y química.

Una vez procesada la información química y plasmado los resultados en forma grafica, se procedió a comprar estos resultados con los reportados en la petrografía, encontrándose que no hay discrepancias en los tipos de rocas y los ambientes asociados a éstas

4.6 Propuesta del modelo geológico del área de estudio

El modelo geológico conceptual del cerro Siete Picos es el de los típicos cinturones de rocas verdes (CRV), en los cuales, la base, la constituye la parte ultramáfica, formada por diferenciación de las rocas peridotitas ultramáficas, de masivas a bandeadas. Su parte intermedia constituye la secuencia gabroide y finaliza la secuencia las lavas almohadilladas.

Al comparar éste modelo conceptual con los modelos establecidos a nivel mundial, encontramos similitudes entre el cerro Siete Picos y los complejos estratificados de Sudbury (Ni, Cu), en Canadá; Bushveld (Cr, Pt), en Sudáfrica y Stillwater (Cu, Ni), en USA., Cuba y Omán,

El modelo metalogénico conceptual del cerro Siete Picos es singenético (Primario) por segregación magmática de líquidos inmiscibles. El yacimiento secundario se forma por erosión y meteorización del yacimiento primario

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE LOS DATOS

En este capítulo se discuten y comparan los resultados de los análisis petrográficos con los resultados químicos realizados sobre una misma muestra de roca, para la verificación y validación de la información petrográfica y química. Para esta discusión se usaran como base el mapa geológico de Acosta (2.010) que se muestra en la figura 5.1

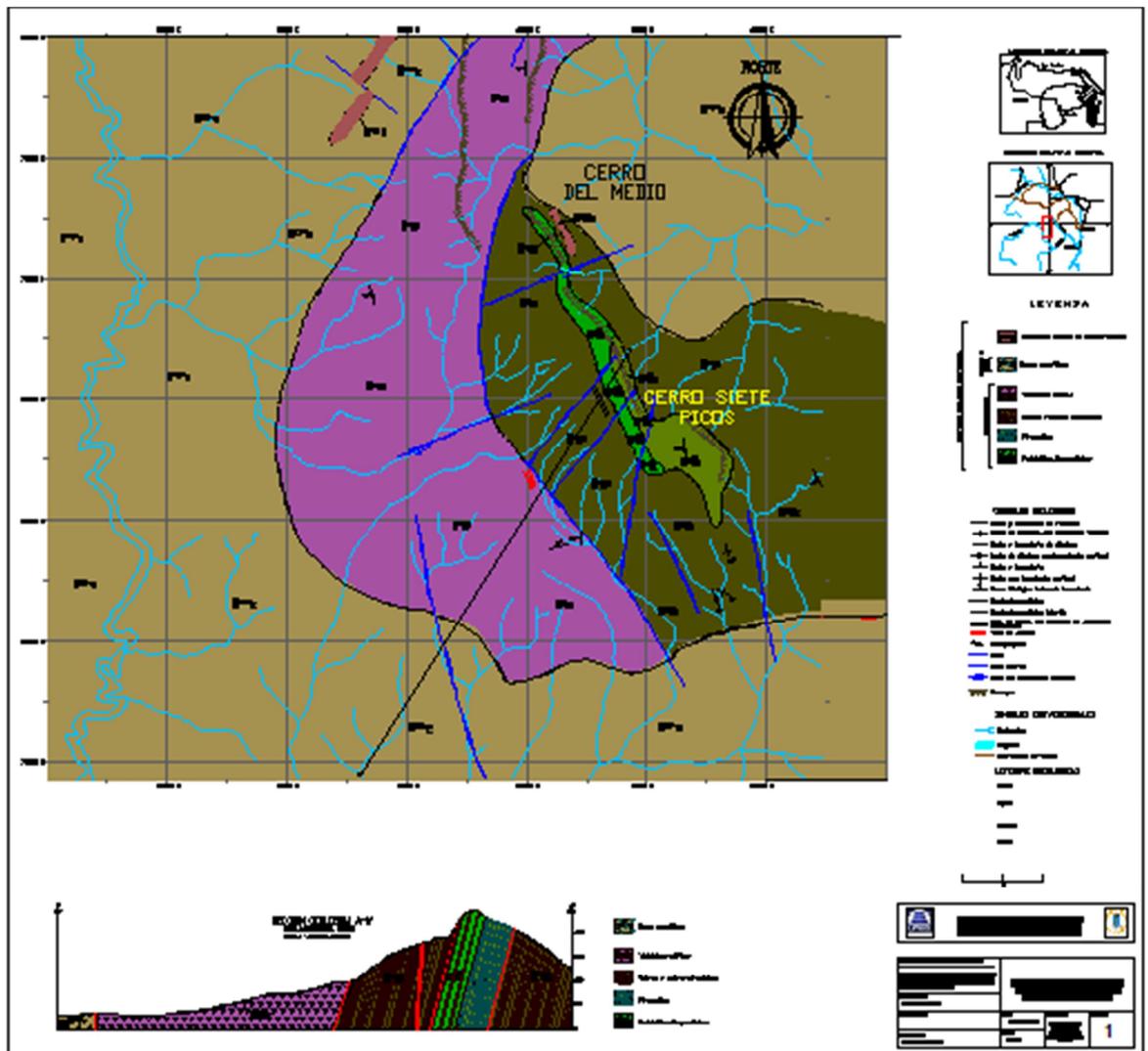


Figura 5.1 Mapa geológico de la zona del cerro Siete Picos (Acosta 2.010).

5.1. Análisis Petrográfico

En la zona de los cerros Siete Picos, se pudieron diferenciar cuatro (04) unidades litológicas, que forman parte de una secuencia de rocas verdes (SRV), además de dos unidades de rocas intrusivas. Toda la secuencia se describe de base a tope así (ANEXO 2)

Unidad de Peridotitas/Serpentinitas (P€V1): Conforman el 3% del área de estudio, afloran en la parte alta de la serranía, tienen un rumbo de N50°W, extensión de 600m y un ancho promedio de 50m. Las peridotitas, así como las dunitas, están alteradas a serpentinas, las cuales son el producto de la alteración hidrotermal del olivino magnesiano.

En la misma zona, también se observó una franja esquistosa (zona de alteración) en forma de bloques rodados, muy angosta y siguiendo la dirección preferencial Noroeste. Esta franja esquistosa está en contacto con peridotitas y gabros; se presenta muy alterada, es talcosa al tacto y en tonalidades desde amarillo a grisáceo. Esta misma alteración eliminó completamente toda la mineralogía existente por lo que no se pudo identificar la roca original; se considera que la franja esquistosa se generó por metamorfismo de rocas ígneas ricas en minerales ferromagnesianos como las peridotitas, formándose en dichas rocas planos de cizallas.

En opinión del autor, es posible que una vez que la roca peridotítica fue deformada, ocurrió un evento hidrotermal que originó la descomposición de los minerales magnesianos dando como resultado la formación de talco.

Macroscópicamente, las dunitas son rocas homogéneas, frescas, de grano fino, masivas y de color gris oscuro. Al microscopio se observa un arreglo de granos redondeados a ovoidales, finos a medios y algo orientados de olivino tipo forsterita- crisotilo, que se encuentra parcial a enteramente serpentinizado. Los

granos están separados por finas bandas discontinuas de magnetita terrosa y los intersticios dejados por la forma redondeada de los mismos se hallan rellenos de clorita, en algunos sitios, y de una verdadera matriz magnetítica terrosa (además de otros componentes irreconocibles), en otras áreas y que adoptan forma de gruesas motas. Además de la abundante magnetita primaria y de exsolución omnipresente, se distinguen ocasionales trizas del clinoanfíbol incoloro, muy escasa esfena leucoxenizada y muy escaso carbonato, probablemente magnésico.

El análisis petrográfico de las peridotitas indica que es una roca homogénea, fresca, de aparente grano muy fino, con color de fondo gris oscuro y regularmente moteada de gris más claro; las motas (de varios mm) están orientadas. Al microscopio se observa muy abundante serpentina y antigorítica fina e irregularmente escamosa y orientada, que es el producto de la alteración hidrotermal del olivino magnesiano, del que quedan muchos restos. Las motas más claras están compuestas por un finísimo agregado hojoso-astilloso de un clinoanfíbol incoloro, de probable composición tremolítica. Estas motas podrían ser de la alteración de algún piroxeno, en cuyo caso, la roca original fue una peridotita del tipo lherzolita o websterita. Toda la roca presenta abundante magnetita, tanto primaria, como de exsolución, granudo la primera y esquelética y terrosa, la última.

Unidad de Piroxenitas (P€V2): Cubre el 6% del área, se ubica en las partes más altas de la serranía, formando escarpes. Es una franja 700 m de largo, por un ancho variable entre 50 y 150 m. En la zona de estudio se observaron de dos colores: una color amarillo verdoso donde se visualizan cristales de piroxenos bien definidos, foliados, de 0.5 cm. Otra de color negro fresca, con cristales de piroxenos bien definidos de 1 cm. Las diferencias del tamaño de granos son por diferencias en los niveles estratigráficos. Las piroxenitas pasan estructuralmente a gabros piroxénicos; aunque la transición de piroxenitas a gabros piroxénicos es difícil de determinar.

Petrográficamente, la roca es homogénea, fresca, de grano medio, masivo y de color gris intermedio. Al microscopio se observa muy abundante tremolita-actinolita (80%), de incolora a verde clara y ocasionalmente parda, en hojas, trizas y astillas finas a medias, no orientadas y en completo desorden. Es producto de una avanzada alteración de una piroxenita. El piroxeno, del que quedan abundantes restos (80%) es de composición diopsídica. Hay además escasa magnetita (2%), tanto primaria como de exsolución.

Unidad de Gabros y Gabros Piroxenicos (P_εgb₂): La unidad gabroica es una de las más abundantes en la zona. Cubre el 20% del área. Se localiza al Sur y Sureste de la zona donde el contacto con las volcánicas máficas es de falla. Microscópicamente se observa una roca homogénea, fresca, de grano granudo medio, equigranular, masiva y de color verde grisáceo oscuro. Al microscopio se observa esencialmente un anfíbol actinolítico (88%), de grano granudo medio, con los bordes astillados, zonado, y no orientado que pudiera ser producto de la alteración hidrotermal de algún piroxeno. Hay además escasa plagioclasa (10%) alterada, de grano granudo muy fino, equigranular, con tendencia a la textura en mosaico y concentrada en intersticios sobrecrecidos por finas astillas de actinolita. Se presentan escasas magnetitas (1%) y muy escasa pirita (1%), ambas terrosas. Aunque no quedan texturas residuales, se cree que la roca pre-metamórfica haya sido un gabro normal.

Unidad de volcánicas máficas (P_εb₂): Constituye el tope de la SRV de la serranía de Verdún. En su mayoría son lavas de composición basáltica. Actualmente está representada por anfibolitas, las cuales conforman el 20% de las rocas de la región. Al microscopio se observa una textura intergranular-hialopilítica no porfídica, compuesta por muy abundante plagioclasa intermedia de 2 generaciones: una de listones idiomorfos muy finos y poco alterados y otra en tábulas finas, zonadas y con el núcleo totalmente alterado a epidoto pulverulento y a sericita; ambas son idiomorfos y de arreglo fortuito. El abundante clinopiroxeno intergranular de grano granudo fino a muy fino es una augita

diopsídica en vías de cloritización. Se distingue además una proporción menor de material vítreo intersticial, en el que crece escasa magnetita esquelética. El análisis por DRX indica la presencia de escaso cuarzo.

Rocas Graníticas (Ρεγα2): Es la unidad más extensa de la zona, abarca el 50% del área e intrusión a todas las rocas verdes adyacentes a la serranía de Verdún. Al Sur de la zona de estudio sirve de basamento a las rocas sedimentarias de la Provincia Geológica de Roraima.

Las rocas graníticas se encuentran en contacto con las SRV. Este contacto rocas graníticas- rocas verdes, alcanza la facies de la anfibolita. Además, estas intrusiones graníticas actúan como agentes removilizantes de fluidos hidrotermales mineralizados. Petrográficamente, se describen dos rocas a continuación:

Granodioritas. En muestra de mano, son rocas homogéneas, frescas, heterogranulares, de grano muy fino a medio, con fino bandeamiento de origen tectónico y de color gris intermedio. Al microscopio se observa una roca originalmente granitoide que sufrió intensa trituración cizallante (milonización), que la redujo a grano fino y muy fino, conservándose ocasionales fenoclastos hasta de 4 mm, grano medio, de microclino. En proporciones decrecientes la roca contiene: abundante cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico; un menor porcentaje de sericita muy bien orientada y bandeada; escaso epidoto terroso y biotita; muy escasa esfena, magnetita y apatito.

Granitos: Son rocas homogéneas, frescas, muy heterogranular, desde afanítica a grano fino y ocasional grano medio a grueso, con muy fina foliación incipiente, en parte de origen tectónico y es de color gris verdoso oscuro. Al microscopio se observa un material muy heterogranular, desde criptocristalino a muy fino y fino con ocasionales fenoclastos de grano medio a grueso. La textura es la de una milonita- ultramilonita. La buena orientación general, producto del

esfuerzo cizallante, es remarcada por la abundante y finísima biotita bien orientada. En proporciones decrecientes la milonita contiene abundante plagioclasa, cuarzo y biotita, una menor proporción de epidoto finamente granudo y clorita, escasa hornblenda subaluminica, magnetita y turmalina y muy escaso apatito. Los escasos fenoclastos son todos de plagioclasa deformada y fragmentada. A juzgar por la composición mineralógica y la textura residual, la roca era una cuarzodiorita.

Unidad de Intrusivos máficos no metamorfizados (Pεgb3): Se cartografió un cuerpo delgado y alargado, al norte del cerro Del medio, el cual representa el 1% del área en estudio. Estas rocas son diabasas tholeíticas finas y gabros. Petrográficamente la roca es homogénea, fresca, de grano fino, masiva y de color gris oscuro. Al microscopio se observa muy abundante plagioclasa cálcica fresca (65%) en tábulas y listones finos en arreglo fortuito (intersertal) y en frecuente intercrecimiento ófítico y subofítico con abundante augita diopsídica fresca (30%) de grano fino y ocasionalmente medio. Hay además escasos pseudomorfos de serpentina antigorítica (1%) de acuerdo al ortopiroxeno, a juzgar por el hábito. También se distingue escasa magnetita (3%), escasa clorita intersticial (1%) y muy escasa pirita y carbonato secundario.

5.2. Análisis Petroquímico

Con el propósito de obtener la caracterización petroquímica de las diferentes muestras de rocas que afloran en la zona de estudio, se procedió a analizar 18 muestras, para determinar la concentración de elementos mayoritarios. En tal sentido, los óxidos mayoritarios fueron normalizados al 100%, en una base libre de volátiles para facilitar comparaciones (Tabla 5.1)

Tabla 5.1 Valores normalizados de los óxidos de las 18 muestras

Muestra	% SiO ₂	% Al ₂ O ₃	% Fe ₂ O ₃	% CaO	% MgO	% MnO	% Na ₂ O	% K ₂ O	% TiO ₂
35	51,34	15,51	10,36	10,80	9,77	0,16	1,57	0,07	0,42
47	58,43	14,49	13,98	5,16	2,13	0,13	4,00	0,13	1,54
50	53,59	14,74	16,22	6,86	3,78	0,18	2,07	1,40	1,15
53	59,74	16,57	12,16	10,03	0,27	0,08	0,08	0,11	0,95
55	48,28	13,74	20,15	7,84	5,07	0,19	2,26	0,33	2,14
57	52,56	7,90	14,25	11,68	11,21	0,22	0,89	0,14	1,14
58	51,82	8,58	15,05	9,42	12,87	0,23	1,25	0,09	0,70
60	40,65	2,08	27,20	1,59	27,26	0,41	0,07	0,02	0,73
65	85,41	0,64	11,24	1,84	0,12	0,57	0,06	0,01	0,10
68	52,57	5,11	11,65	11,04	18,39	0,23	0,46	0,06	0,48
73	41,62	2,02	19,12	1,39	34,69	0,38	0,57	0,01	0,20
99	43,17	2,80	16,25	3,77	33,41	0,22	0,08	0,01	0,28
100	44,16	2,86	15,46	3,44	33,39	0,20	0,10	0,10	0,29

10	52	12,	18,	7,	5,	0,	2,	0,	1,
3	,77	66	44	09	14	24	18	25	24
10	52	12,	18,	6,	5,	0,	2,	0,	1,
4	,16	58	78	37	47	21	96	23	23
12	49	16,	10,	10	10	0,	1,	0,	0,
4	,53	58	90	,49	,68	17	16	07	43
15	51	14,	13,	8,	9,	0,	1,	0,	0,
7	,48	21	23	97	28	18	71	15	79
16	98	0,3	0,3	0,	0,	0,	0,	0,	0,
6	,95	3	6	11	12	01	07	02	03

5.2.1 Diagrama de total alcalis vs Silice (TAS).

La cartografía de las muestras en el diagrama TAS indica que las muestras de la zona de estudio se agrupan mayormente entre los campos basaltos y basaltos andesíticos (Figura 5.2).

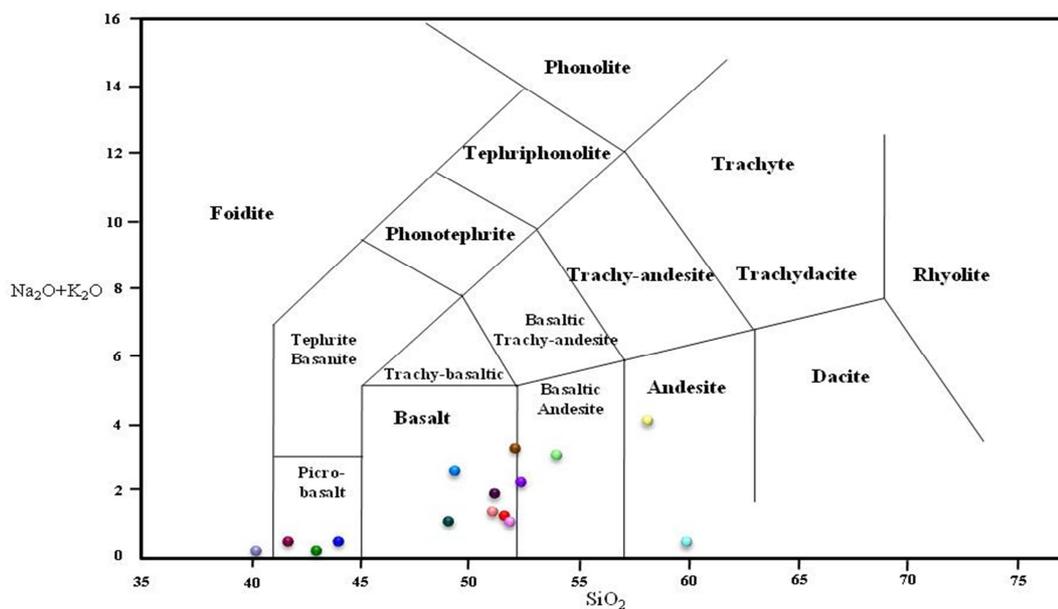


Figura 5.2 Diagrama de total alcalis vs Silice (TAS), mostrando los campos donde se ubican las muestras del cerro Siete Picos

En la figura 5.3 se observa el diagrama MgO-FeO+Fe₂O₃-Na₂O+K₂O, y muestra la tendencia toleítica (th) de las rocas volcánicas del cerro Siete Picos.

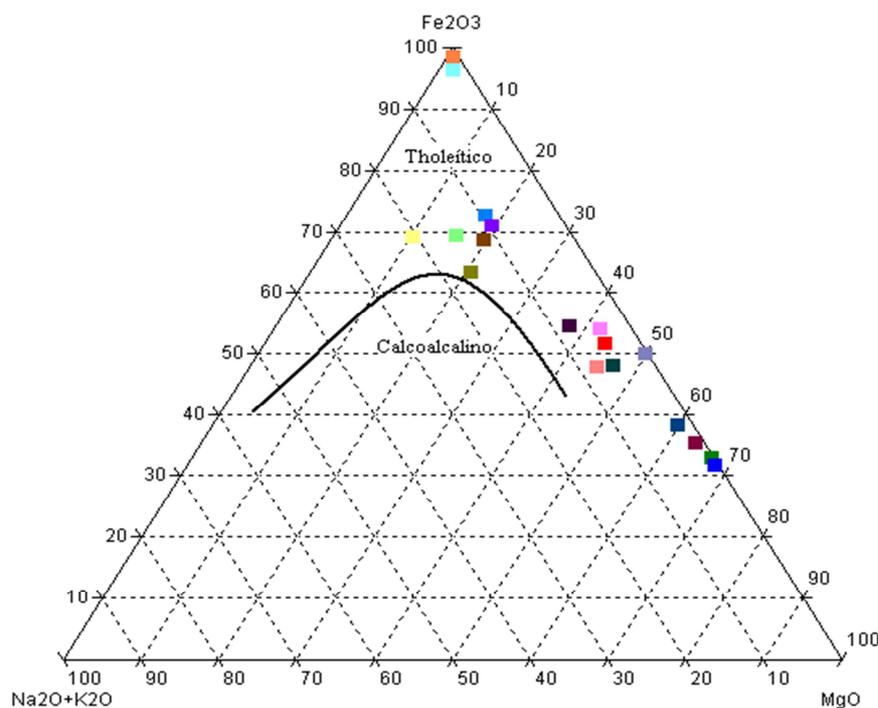


Figura 5.3 Diagrama AFM MgO-FeO+Fe₂O₃-Na₂O+K₂O para las muestras de la zona de estudio, mostrando su carácter toleítico

El diagrama triangular K₂O-Na₂O-CaO, es de utilidad para discriminar el contenido de K, Na y Ca en las rocas. En la figura 5.4 se observa que las muestras se orientan hacia el vértice CaO, indicando su alto contenido de calcio. Las metalavas encontradas en la zona estudiada son de composición basáltico-andesítica y han sufrido alteración por el metamorfismo que afectó la zona. Estas rocas tienen como componente principal la plagioclasa cálcica que pudo haber sido la principal fuente de calcio en las anfibolitas. También los piroxenos pudieron haber aportado algo de calcio.

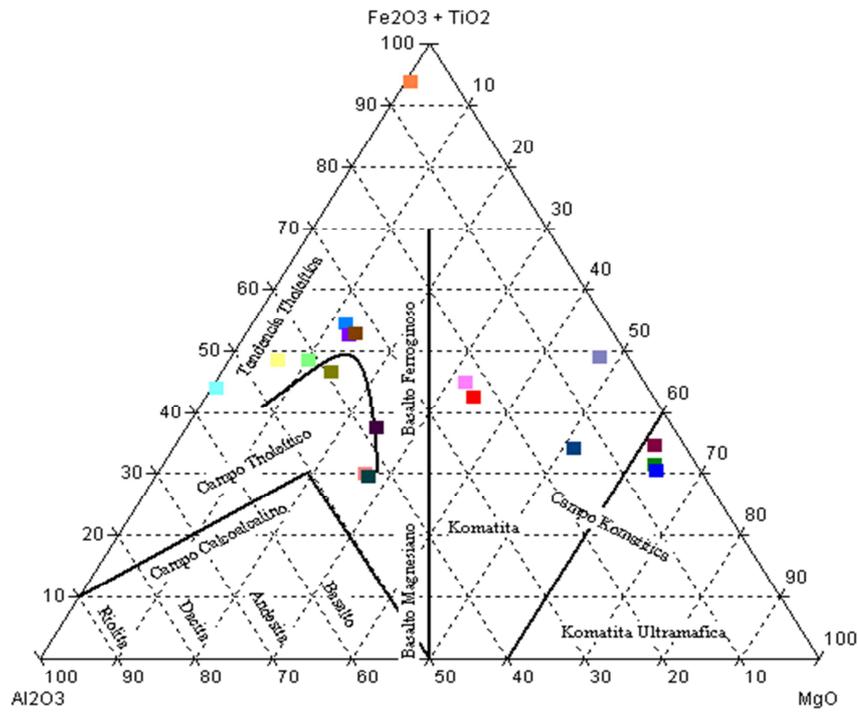


Figura 5.5 Diagrama de JENSEN $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$, mostrando sus tendencias tholeítica y komatiítica.

Adicionalmente se ha generado el diagrama de K_2O vs SiO_2 (Figura 5.6), el cual determina que las rocas volcánicas del cerro Siete picos, encuentran relacionadas a un magmatismo de la serie toleítica, característica de un magma convergente.

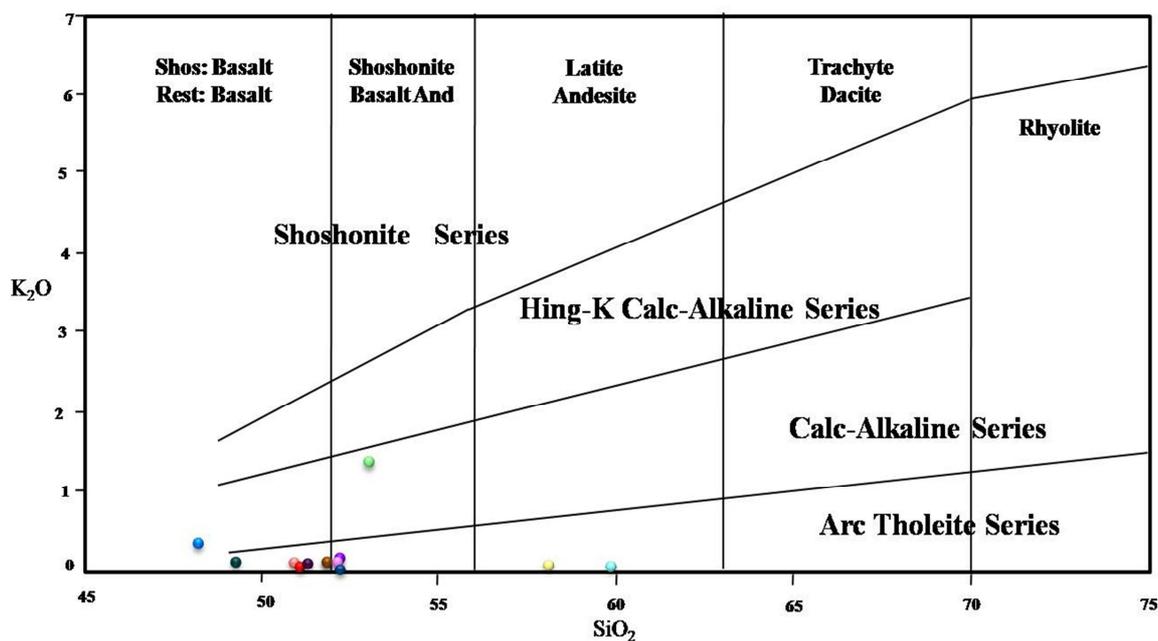


Figura 5.6 Diagrama K₂O vs SiO₂ que muestra la tendencia toleítica del magma

5.3 Cotejo de la información química y petrográfica

En la tabla 5.2 se muestra el nombre de las rocas de acuerdo a su petrografía y a su quimismo.

Identificación química	Numero de la muestra	Identificación petrográfica
BASALTO	35	DIABASA
ANDESITA	47	ESQUISTOS ANFIBOLICOS
BASALTO ANDESITICO	50	BASALTO
ANDESITA	53	ESQUISTOS ANFIBOLICOS
PICROBASALTO	55	ESQUISTOS ANFIBOLICOS
BASALTO	57	GABROS
BASALTO	58	METAGABROS

COMATITA	60	PERIDOTITAS
FOIDITA	65	ESQUISTOS ANFIBOLICOS
COMATITA	68	METAPIROXENITAS
COMATITA ULTRAMAFICA	73	DUNITAS
PICROBASALTO	99	ESQUISTOS ANFIBOLICOS
COMATITA ULTRAMAFICA	100	DUNITAS
COMATITA ULTRAMAFICA	103	DUNITAS
BASALTO	104	ESQUISTOS ANFIBOLICOS
BASALTO	124	DIABASA
BASALTO	157	ESQUISTOS ANFIBOLICOS
GRANITO	166	LEUCOGRANITO

De acuerdo con el Diagrama TAS (Total álcalis vs Sílice) de la figura 5.2 y el código de colores numerado, se observa que el 60% (muestras 47, 50, 53, 55, 57, 58, 65, 99, 104 y 157) de las muestras se ubican en los campos Andesita-Basalto-Basalto andesítico-Picrobasalto, mientras que los análisis petrográficos las describen como esquistos anfibólicos, gabros y basaltos. Esta discrepancia se debe a que estas rocas actualmente se encuentran metamorfizadas a la facies de la anfibolita, por su cercanía al contacto con las rocas graníticas del Complejo de Supamo y los gabros son los equivalentes faneríticos de los basaltos.

Para el cotejo de las rocas ultramáficas usamos el Diagrama de Jensen (Figura 5.5). Este indica que el 28% de las muestras analizadas (muestras 60, 68, 73, 100 y 103), se ubican en el campo Komatíticos, con valores altos de MgO. Los análisis petrográficos describen estas muestras como Dunitas, Peridotitas y Metapiroxenitas, esto indica que no hay discrepancias entre ambos análisis

El restante 12% de las muestras lo constituyen los cuerpos intrusivos de diabasa y rocas graníticas.

5.4 Propuesta del modelo geológico del cerro Siete Picos

El modelo geológico del cerro Siete Picos es el de un cinturones de rocas verdes (CRV), con la base ultramáfica, formada por diferenciación de las rocas peridotitas ultramáficas, parte intermedia gabroide y finaliza la secuencia las lavas almohadilladas. Toda la secuencia es intrusionada por rocas graníticas diques delgados y alargados de gabros y diabasas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El cerro Siete Picos corresponde a una secuencia de rocas verdes del Proterozoico, que se inicia con la sección MANTÉLICA en la base, constituida por dunitas y peridotitas, actualmente serpentinizadas y piroxenitas, seguidas de una secuencia menos ultramáfica, constituida por gabros y gabros piroxénicos en la parte media, finalizando con rocas volcánicas máficas, actualmente metamorfizadas, en el tope.

De acuerdo a los resultados químicos mostrados en los diagramas de Jansen, AFM, K_2O-Na_2O-CaO y los gráficos TAS y K_2O vs SiO_2 y la interpretación dada en el presente proyecto, se corroboran los análisis petrográficos. Además se establece que el carácter del magma de la zona de estudio es toleítica y komatítica.

La caracterización petroquímica de las rocas que constituyen la zona de estudio, relacionan a las rocas con un magmatismo de la serie toleítica y komatítica, características de un magma convergente.

La propuesta del modelo metalogénico primario del cerro Siete Picos es singenético por segregación magmática de líquidos inmiscibles. El yacimiento secundario se forma por erosión y meteorización del yacimiento primario

Recomendaciones

Una vez finalizada ésta primera fase de exploración se recomienda pasar a una segunda fase, consistente de levantamiento geológico y geoquímico a detalle, con la toma de muestras de rocas. Estas rocas deben ser ensayadas para los elementos Cr, Cu, Co y Ni

Si el estudio geoquímico reporta anomalías, principalmente de los elementos que se mencionaron antes, proseguir la investigación con trincheras en las zonas anómalas

Los resultados de la Fase 2 darán soporte a la Fase 3, donde se plantea la toma de muestras de suelos a malla cerrada. En caso de que se detecten posibles depósitos residuales, principalmente de níquel

De persistir los valores anómalos, se debe ejecutar una cuarta Fase de perforaciones exploratorias. En esta fase, se definirán los sondeos que permitan estimar las características geoquímicas, mineralógicas y estructurales de los posibles depósitos.

Realizar estudios petrográficos para caracterizar la secuencia máfica-ultramáfica del sector Cerro Siete picos, haciendo énfasis en el conteo modal de los minerales Olivino (OL), Clinopiroxeno (CPX) y Ortopiroxeno (OPX). Posteriormente, graficar los porcentajes de estos minerales en el triangulo STRECKEISEN para rocas plutónicas ultramáficas.

Hacer determinaciones radiométricas, para establecer la edad relativa del cerro Siete Picos.

Hacer determinaciones analíticas multielementales (elementos incompatibles) y tierras raras (REE), tales como: Rb, Ba, K, Nb, La, Ce, Sr, Nd, Zr, Eu, Ti, Dy, Y, Er y Yb, para determinar la composición del manto primitivo que dio origen al cerro Siete Picos.

REFERENCIAS

ANHAEUSSEER, C.R., MASKE. S (1986). Minerals deposit of southern Africa. The geological society of South África. Volumen I. P 360-374.

ACOSTA et.al (1991). Actividades geológicas realizadas en la zona Verdún. Informe de avance. TECMIN. C.V.G. Puerto Ordaz.

ADAMS, Pedro (1.989). Estudio geológico del sector comprendido entre el cerro El Trueno y el cerro El Mono. Informe final de la zona de Verdún. Estado Bolívar. TECMIN C.V.G. Puerto Ordaz.

BENAÍM, N. (1972) en GONZALES DE JUANA, C. al (1980) Geología de Venezuela y sus cuencas petrolíferas; Caracas. Ediciones Foninves v1.1. P 33-61

CONDIE, K.C.(1981).Archan Greenstone belt developments in Precambrian geology. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam Oxford, New York P. 69-75.

GALES. G.G. (1967) Trace elements in ultramafic rock en Wyllie P.J. Ultramafic and related P 652-362.

HARKER, A. (1909) en PANKHURST et. al (1979) The interpretation of igneous rocks. Great Britain. P. 12-41.

Hutchison Charles)1.983). Economic deposits and their tectonic setting. University of Malaya. A Wiley interscience publication. P 15-26.

MENDOZA, V. (1977) Evolución tectónica del Escudo de Guayana II congreso latino americano de geología. Nov. 1973. Tomo III. Caracas. P. 2237-2270.

MENDOZA, V. (2.000). Evolución geotectónica y recursos minerales del Escudo de Guayana en Venezuela (y su relación con el escudo Sudamericano). Minería Hecla de Venezuela.

MENENDEZ, A (1972). Geología de la región de Guasipati, Guayana Venezuela. IV Congreso Geológico Venezolano Vol. 5. Numero 4. Editorial Sucre. P. 2001.2002.2009.2042.

NUÑEZ, F. J et al (1989, 1990, 1991). Informe final de la zona de Úrico-Verdún. Estado Bolívar. TECMIN C.V.G. Puerto Ordaz. P 2-15.

P.I.R.N.E.G. (Proyecto inventario de los recursos naturales de la región de Guayana. (1989). Informe de avance de la hoja NB-20-3. Tomo I. Ciudad Bolívar.

Tarbuck Edward et al (2.008). Ciencias de la tierra, una introducción a la geología física. Octava edición. Universidad Autónoma de Madrid. P 401-416.

TOSIANI, T., SIFONTES. R. (1989). Asociación de rocas máficas-ultramáficas en la región del cerro Piedra del Supamo. Sur de El Callao. VII Congreso Venezolano. Tomo II Barquisimeto, Edo Lara- Venezuela. P164-175.

U.S Geological Survey and Corporación Venezolana de Guayana (1.993). Geology and mineral Resource Assessment of the Venezuelan shield. Bulletin 2.062.

ANEXO 1

Mu estra	S iO2	A l2O3	F e2O3	C aO	M gO	M nO	N a2O	K 2O	T iO2	P R
35	5 0.30	1 5.20	1 0.15	1 0.58	9 .57	0 .16	1 .54	0 .07	0 .41	1 .50
47	5 7.92	1 4.36	1 3.86	5 .12	2 .11	0 .13	3 .97	0 .13	1 .53	0 .10
53	5 6.70	1 5.73	1 1.54	9 .52	0 .26	0 .08	0 .08	0 .10	0 .90	3 .90
55	4 7.80	1 3.60	1 9.95	7 .76	5 .02	0 .19	2 .24	0 .33	2 .12	0 .50
57	5 1.10	7 .68	1 3.86	1 1.36	1 0.90	0 .21	0 .87	0 .14	1 .11	1 .10
60	3 7.40	1 .91	2 5.03	1 .46	2 5.08	0 .38	0 .06	0 .02	0 .67	8 .20
65	8 3.70	0 .63	1 1.02	1 .80	0 .12	0 .56	0 .06	0 .01	0 .10	2 .00
68	5 0.00	4 .86	1 1.08	1 0.50	1 7.49	0 .22	0 .44	0 .06	0 .46	3 .30
69	4 9.50	1 8.60	7 .89	1 0.98	8 .25	0 .10	1 .86	0 .10	0 .31	0 .80
72	4 0.00	3 .12	1 6.18	3 .32	2 8.38	0 .20	0 .10	0 .01	0 .24	7 .30
73	3 6.04	1 .75	1 6.56	1 .20	3 0.04	0 .33	0 .49	0 .01	0 .17	1 1.40
99	3 9.46	2 .56	1 4.85	3 .45	3 0.54	0 .20	0 .07	0 .01	0 .26	6 .99
100	3 9.28	2 .54	1 3.75	3 .06	2 9.70	0 .18	0 .09	0 .09	0 .26	9 .50
103	5	1	1	6	5	0	2	0	1	0

	1.64	2.39	8.04	.94	.03	.23	.13	.24	.21	.71
104	5 0.40	1 2.16	1 8.15	6 .16	5 .29	0 .20	2 .86	0 .22	1 .19	1 .83
124	4 7.44	1 5.88	1 0.44	1 0.05	1 0.23	0 .16	1 .11	0 .07	0 .41	2 .97
157	5 1.24	1 4.14	1 3.17	8 .93	9 .24	0 .18	1 .70	0 .15	0 .79	0 .94
166	9 9.16	0 .33	0 .36	0 .11	0 .12	0 .01	0 .07	0 .02	0 .03	0 .34

ANEXO 2

Meta-diabasa toleítica gabroide Muestra 035-R

Roca fresca, hanogénea, de grano medio, masiva y de color gris verdoso oscuro. Al microscopio se observa una antigua textura diabásica de grano medio, no orientada, que aún conserva el arreglo subofítico-ofítico original. Contiene muy abundante actinolita astillada (" 55%) como producto de la total alteración hidrotermal de la augita original y de la Parcial digestión de la abundante plagioclasa cálcica (-v 45%) tabular en vías de alteración Parcial a epidoto terroso y de albitización; muy escasa esfena « 1%) y trazas de magnetita y de pirita de exsolución.

"Esquisto" cuarzo-feldespático-anfibólico Muestra 047-R

Roca hanogénea, fresca, generalmente afanítica con escasas zonas de concentración de fenocristales, con débil orientación general, pero pobre foliación y de color gris verdoso oscuro. Al microscopio se observa una antigua matriz cuarzo feldespática recristalizada a grano muy fino, equigranular, con tendencia a la textura en mosaico y bastante bien orientada. Hanogéneamente distribuidos en esa matriz se hallan abundantes fenocristales de grano medio de plagioclasa actualmente oligoclásica, frecuentemente zonada y algo epidotizada. Hay además abundante hornblenda verde caTIÚn ("V 25%) regularmente dispersa y bien orientada, pero de aspecto poiquilítico y muy finamente despedazada y trizada, -y a la que se asocia relativamente abundante magnetita ("v 8%) de aspecto terroso y escaso apatito (rv 1%). Las escasas texturas residuales indican que la roca debió haber sido una intrusiva sanera canposición cuarzo-diorítica.

Basalto toleítico (no metamorfizado) Muestra 050-R

Roca hanogénea, fresca, de grano fino a muy fino, con muy débil orientación general y de color gris oscuro. Al microscopio se observa una textura intergranular-hialopilítica no porfídica, causada por muy abundante plagioclasa intermedia de 2 generaciones: una de listones idiomorfos muy finos y poco alterados y otra en tábulas finas, zonadas y con el núcleo totalmente alterado a epidoto puzosillo y a sericita; ambas son idiomorfas y de arreglo fortuito. El abundante clinopiroxeno intergranular de grano granudo fino a muy fino es una augita diopsídica en vías de cloritización. Se distingue además una proporción menor de material vítreo intersticial, en el que crece escasa magnetita esquelética. El análisis por DRX indica la presencia de escaso cuarzo. La roca no ha sufrido metamorfismo.

Epidosita cuarzosa Muestra 053-R

Roca hanogénea, fresca, afanítica, masiva, fisurada y de color verde grisáceo claro; meteoriza a una costra ocre. Al microscopio se observa esencialmente zoisita-epidoto formando una masa criptocristalina-microcristalina y de aspecto terroso, que se halla atravesada por un sistema de vetas y vetillas de cuarzo, mineral que también se presenta en zonas muy irregulares. Hay además trazas de óxido de hierro. Las texturas residuales no son concluyentes, pero se cree que la roca pudiera haber sido un material volcánico Parcialmente vítreo.

Anfibolita feldespático-cuarzosa Muestra 055-A

Roca hanogénea, fresca, de grano muy fino, con fino e irregular bandeamiento y de color general verde grisáceo oscuro. Al microscopio se observa muy abundante hornblenda barroisítica (~ 70%) en trizas y astillas bien orientadas, pero poco segregadas en bandas, y en granos poiquilíticos meq.ios no orientados. Hay además una menor proporción de plagioclasa alterada (~ 12%) y

escaso cuarzo (V 8%), ambos de grano granudo heterogranular, fino a muy fino y con una tendencia a segregarse en bandas félsicas. También se presenta relativamente abundante magnetita (-v 10%) en zonas y bandas discontinuas de aspecto terroso.

Meta-gabro?

MUestra 057-R

Roca hanogénea, fresca, de grano granudo medio, equigranular, masiva y de color verde grisáceo oscuro. Al microscopio se observa esencialmente un anfíbol actinolítico (rv 88%) de grano granudo medio, con los bordes astillados, zonado, y no orientado que pudiera ser producto de la alteración hidrotermal de algún piroxeno. Hay además escasa plagioclasa (rv 10%) alterada, de grano granudo muy fino, equigranular, con tendencia a la textura en mosaico y concentrada en intersticios sobrecrecidos por finas astillas de actinolita. Se presenta escasa

Y magnetita (1%) y muy escasa pirita (1%), ambas terrosas. Aunque no quedan texturas residuales, se cree que la roca pre-metamórfica haya sido un gabro normal.

Meta-gabro?

Muestra 058-R

Roca muy similar a la muestra 057-R.

Peridotita (lherzolita ?) serpentinizada Muestra 060-R

Roca hanogénea, fresca, de aparente grano muy fino, con color de fondo gris oscuro y regularmente moteada de gris más claro ~ las motas (de varios rrm

(/J) están orientadas. Al microscopio se observa muy abundante serpentina antigorítica fina e irregularmente escamosa y orientada, que es el producto de la alteración hidrotérmica de olivino magnésico, del que quedan muchos restos. Las motas más claras están compuestas por un finísimo agregado hojoso-astilloso de un clinopiroxeno incoloro, de probable composición tremolítica. Estas motas pudieran ser productos de alteración de algún piroxeno, en cuyo caso la roca original fue una peridotita del tipo lherzolita o websterita. Toda la roca presenta abundante magnetita, tanto primaria, como de exsolución, granuda la primera y esquelética y terrosa, la última.

Cuarzita granatífera Muestra 065-R

Roca algo heterogénea, fresca, afanítica, de aspecto fragmentado, con sectores de color pardo anaranjado y sectores de color gris. Al microscopio se observa esencialmente cuarzo (V 70%) recristalizado, de grano granudo fino a muy fino y algo orientado. Esparcido en la trama del cuarzo se halla un abundante mineral microgranudo de aspecto terroso, bastante homogéneamente distribuido y con tendencia a segregarse en bandas, que pudiera ser granate (A/ 30%), probablemente almandino. Este mineral ha sido en buena parte alterado a óxidos de hierro. Hay además escaso material carbonoso (1%) terroso mal distribuido, y escasos pseudomorfos de hematita según pirita. Las zonas grises (son un sistema de vetas de cuarzo) carecen de óxidos de hierro. El análisis DRX confirma el granate, pero indica que más bien se trata de la variedad androsita.

Meta-clinopiroxenita Muestra 068-R

Roca homogénea, fresca, de grano medio, masiva y de color gris intermedio. Al microscopio se observa muy abundante tremolita-actinolita (80%) de incolora a verde claro y ocasionalmente parda, en hojas, trizas y astillas finas a medias, no orientadas y en completo desorden. Es producto de la avanzada alteración de la piroxenita. El piroxeno, del que quedan abundantes restos (-v

18%) es de composición diopsídica. Hay además escasa magnetita (rv 2%), tanto primaria como de exsolución.

Serpentinita ferruginosa Muestra 073-R

Roca hanogénea, fresca, de grano fino, con irregular orientación general y de color gris oscuro que meteoriza a gris medio. Al microscopio se observa esencialmente serpentina (IV 84%) de tres tipos: muy abundante antigorita, abundante bastita y escaso crisotilo. El primero es producto de la alteración hidrotermal del olivino magnésico, y el segundo lo es de un ortopiroxeno; de ambos quedan escasos restos. La roca original es por consiguiente una peridotita del tipo harzburgita. Hay además abundante magnetita (rv 15%), tanto primaria como por exsolución, y trazas de un clinoanfibol incoloro.

Dunita serpentinizada Muestra 099-R

Roca hanogénea, fresca, de grano fino, masiva y de color gris oscuro. Al microscopio se observa un arreglo de granos redondeados a ovoidales, finos a medios y algo orientados de olivino tipo forsterita-crisolita que se encuentra parcialmente serpentinizado. Los granos están separados por finas bandas discontinuas de magnetita terrosa y los intersticios dejados por la forma redondeada de los mismos se hallan rellenos de clorita penina, en algunos sitios, y de una verdadera matriz magnética terrosa (además de otros componentes irreconocibles), en otras áreas y que adoptan forma de gruesas motas. Además de la abundante magnetita primaria y de exsolución presente, se distinguen ocasionales trizas del clinoanfibol incoloro, muy escasa esfena leucoxenizada y muy escaso carbonato, probablemente magnésico.

Dunita'serpentinizada Muestra 100-R

Roca similar a la muestra anterior 099-R, pero los restos de olivino no serpentizado son mucho más escasos. En su lugar se observa bastante mayor cantidad del clinoanfíbol incoloro secundario que se presenta en forma de husos, ranbos y prismas idiomorfos. Asimismo, el carbonato magnesita, también de origen secundario, es más abundante.

Anfibolita feldespático-cuarzo-epidótica Muestra 103-R

Roca homogénea, fresca, de grano fino, con excelente y fina orientación general pero pobre foliación y es de color verde grisáceo oscuro. Al microscopio se observa muy abundante hornblenda verde cañón (IV 60%) en finas trizas y astillas bien orientadas, pero pobremente segregadas en bandas: abundante plagioclasa

(Al 23%) y cuarzo (Al 10%), ambos de grano granudo muy fino y concentrado en irregulares bandas discontinuas: escaso epidoto (IV 4%) granudo, fino a muy fino y escasa magnetita (Al 3%) terrosa y homogéneamente distribuida.

Meta-diabasa toleítica gruesa (gabroide) Muestra 124-R

Roca homogénea, fresca, de grano grueso, masiva y de color verde grisáceo oscuro. Al microscopio se observa muy abundante hornblenda actinolítica verde zonada (~75%) de grano grueso como producto de la alteración hidrotermal (deutérica?) total de algún piroxeno, probablemente augita. Abundante plagioclasa intermedia (Al 25%) en tabulas finas a medias, pero generalmente microgranulada, rellena los intersticios y se halla ópticamente intercrecida con el original piroxeno. Hay además escasa esfena (IV 1%) terrosa y alterada, muy escasa (< 1%) zoisita, pirita y cuarzo secundario.

Anfibolita feldespática Imly fina (Meta-andesita) Muestra 157-R •

Roca hanogénea, fresca, de grano Imly fino, con excelente orientación general, pero pobre foliación y de color verde grisáceo oscuro. Al microscopio se observa esencialmente hornblenda verde (~82%) en Imly finas astillas y trizas orientadas, pero no segregadas en bandas. Hay además abundante plagioclasa (A/15%) muy finamente tabular e idiomorfa con orientación fortuita (intersertal), escasa magnetita (IV 2%) en muy finas motas hanogéneamente distribuidas y trazas de pirita. Se distinguen muy escasos nidos de cuarzo que pudieran haber sido amígdalas. Las escasas fisuras concordantes también están rellenas de finísimo cuarzo.

Leuco-granito subalcalino Muestra 166-R

Roca hanogénea, fresca, de grano medio a grueso, masiva, con aspecto granitoide y de color general gris rosáceo claro. Al microscopio se observa una textura granítica de grano medio, ocasionalmente grueso, compuesta por abundante microclino perítico (IV 45%), abundante cuarzo deformado (~35%), una menor proporción de plagioclasa sódica (~17%) algo sericitizada en su núcleo y escasa biotita (~3%) enteramente cloritizada, con segregación de epidoto. Terroso y a la se asocian los accesorios magnetita y apatito y trazas de circón.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

Título	CARACTERIZACIÓN PETROQUIMICA DE LAS ROCAS AFLORANTES EN EL CERRO SIETE PICOS, AL SUR DE EL CALLAO, MUNICIPIO EL CALLAO, ESTADO BOLÍVAR
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
BETANCOURT C. BIANCA C	CVLAC	13.714.758
	e-mail	Biancabe26@hotmail.com
	e-mail	
TOMEDEZ G. MIGDAYE	CVLAC	15.251.294
	e-mail	migdayetomedez@yahoo.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Caracterizacion petroquimica
Cinturon de rocas verdes
Analisis Quimico
Analisis Petrografico
Oxido Mayoritario
Diagramas termarios

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
DEPARTAMENTO GEOTECNIA	INGENIERIA GEOLOGICA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA	GEOLOGIA

Resumen (abstract):

Se realizó un estudio geoquímico sobre una sección de la serranía de Verdún, específicamente en el cerro Siete Picos, ubicado al Norte del Cerro Piedra del Supamo, y al sur del caserío Minero de El Callao, Municipio El Callao, Estado Bolívar, Venezuela. Debido a la información petrográfica y a los tipos de yacimientos asociados a estas descripciones, se inicia ésta segunda fase de exploración. Para lograr los objetivos propuestos, se uso como base la información petrográfica y se incorpora el resultado de los análisis químicos de elementos mayoritarios de diez y ocho (18) muestras de rocas que cuentan con los análisis petrográficos. Igualmente, se establece la similitud existente entre los análisis petrográficos y los análisis químicos. La metodología empleada durante el desarrollo de la investigación fue netamente analítica, ya que la información fue suministrada por el asesor académico. Desde el punto de vista geológico, se cartografió la secuencia de un cinturón de rocas verdes, parte basal, formada en bordes de colisión entre placas y que se emplazo a través de una zona de sutura, en rocas plegadas, con una base máfica -ultramáfica estratificada, de rumbo N30°W y buzamiento alto al W, constituido por peridotitas /serpentinita y piroxenita, seguida de gabros y gabros piroxenicos, culminando la secuencia lavas volcánicas máficas. El contexto geológico lo culmina la intrusión de las rocas graníticas del Complejo de Supamo y las intrusivas máficas sin metamorfismo. Desde el punto de vista geoquímico, los diagramas de Jensen, AFM, K₂O-Na₂O-CaO y los gráficos TAS y K₂O vs SiO₂, establecen que el carácter del magma de la zona de estudio es toleitica y komatitica. Se recomienda realizar trabajos geológicos y geoquímicos a detalle, cerrando mallas y toma de muestras de suelos cada 25m, sobre las faldas y el tope del Cerro Siete Picos, apoyándose en lo posible con un método magnético.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail
ACOSTA ENRIQUE	ROL CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC
	e-mail
	e-mail
BANDINI ANNA	ROL CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC
	e-mail bandinianna@hotmail.com
	e-mail
MARTINEZ FELIX	ROL CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC
	e-mail fmpetrologo@hotmail.com
	e-mail
	ROL CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC
	e-mail
	e-mail

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2010	12	13
-------------	-----------	-----------

Lenguaje: spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-Carecterizacion petroquímica de las rocas.doc	Aplication/msword

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: ING. GEOLOGO GEOLOGO

Nivel Asociado con el Trabajo: PREGRADO

Área de Estudio: DEPARTAMENTO GEOTECNIA DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5

Derechos:

**De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado
“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la
Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros
fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo,
quien lo participara al Consejo Universitario”**

Condiciones bajo las cuales los autores aceptan que el trabajo sea distribuido. La idea es dar la máxima distribución posible a las ideas contenidas en el trabajo, salvaguardando al mismo tiempo los derechos de propiedad intelectual de los realizadores del trabajo, y los beneficios para los autores y/o la Universidad de Oriente que pudieran derivarse de patentes comerciales o industriales.



AUTOR 1



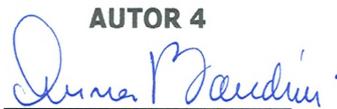
AUTOR 2



AUTOR 3



TUTOR

AUTOR 4


JURADO 1



JURADO 2

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:

