

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



**EVALUACIÓN PETROMINERALÓGICA Y GEOQUÍMICA DE
LAS ROCAS AFLORANTES EN EL KILÓMETRO 11 Y EL
CERRO LOS UDISTAS UBICADOS EN LA AUTOPISTA
CIUDAD BOLÍVAR - PUERTO ORDAZ, MUNICIPIO HERES,
ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR LOS BACHILLERES
ORTEGA C, PEDRO D. Y
RAMIREZ G, ADRIANA
C. PARA OPTAR AL
TÍTULO DE GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, NOVIEMBRE DE 2013



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLIVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado **EVALUACIÓN PETROMINERALÓGICA Y GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS AFLORANTES EN EL KILÓMETRO 11 Y EL CERRO LOS UDISTAS UBICADOS EN LA AUTOPISTA CIUDAD BOLÍVAR - PUERTO ORDAZ, MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**, presentado por los bachilleres Ortega C. Pedro D. C.I 19.941.602 y Ramírez G. Adriana C. C.I 19.728.562, como requisito parcial para optar al título de Geólogo ha sido **APROBADO** por el jurado integrado por los profesores de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente.

NOMBRE

FIRMA

Miguel Gómez H.

(Asesor)

(Jurado)

(Jurado)

Profesora Rosario Rivadulla
Jefa del Departamento de Geología

Profesor Francisco Monteverde
Director de Escuela

Ciudad Bolívar, Noviembre de 2013.

DEDICATORIA

A Dios padre por nunca haberme faltado y darme fuerza en todo momento para superar cada obstáculo que se me ha presentado, en segundo lugar a mis padres Ana y Francisco por su apoyo incondicional, igualmente a mi mamá Teresa por el gran cariño que siempre me ha ofrecido.

A mi familia en especial mi tía Gladys y mi padrino Israel por haberme tratado como uno más de sus hijos y siempre darme su cariño.

Por último aunque esto no significa menos relevancia quiero dar gracias a algunas personas que brindaron su apoyo a la hora de la realización de este trabajo de grado, ellos son: mi novia María Ieni, a mi primo compañero y amigo Edgar Itriago, mi primo Francisco Torrealba, Jorge Afanador, Edwar González, Adriana Ramírez, Paul Principal. ¡A todos, gracias!

“Qué bien se siente un corazón cuando puede decir gracias”

(Anónimo).

Pedro Ortega

DEDICATORIA

Dedico mi Trabajo Especial de Grado, en primera instancia, a Dios y a La Virgen Del Valle por darme fuerzas para no desistir en los momentos difíciles, paciencia para soportar y constancia para lograr poco a poco cada uno de mis objetivos.

A mi Familia, en especial a mis hermanas Rai y Totti, y a mis abuelos Gladys y Ramón por su incalculable amor y apoyo incondicional, son mi inspiración y ejemplo a seguir, los adoro.

A mis inigualables amigos Anyely Crespo, Rosana Ramírez, Celiana Medina, María Maneiro, Liyuan Rodríguez, Joa Prieto, Ysmael Fuentes, Evelys Rocca, Luis Marcano, Mario Tambaro, Mairelis Paz, Saymar Ortega, Edwin Cedeño, Evelin Vidal, Freddy Barroso, Karen Rondón, Juan Gómez, Paul Principal, gracias por su sincera amistad.

A mi compañero, amigo, y cuasi colega Pedro Ortega, ambos sabemos que no fue fácil, pero nadie dijo que lo sería.

A Jesús Hurtado, Juan Carlos Ceballos y José Araque, que brindaron un ¡Yo te Ayudo! cuando fue necesario, se merecen más que un Gracias.

Adriana Ramírez

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Oriente, ilustre institución, y pilar fundamental de nuestro crecimiento personal y académico.

A los profesores de esta casa de estudio quienes impartieron sus conocimientos; en especial al Ingeniero Miguel Gómez, tutor académico, por brindarnos toda su comprensión, sabiduría y las herramientas necesarias para la elaboración de este Trabajo de Grado cuya esencia nos ha dejado un gran aprendizaje.

Al personal de INGEOMIN, especialmente al señor Nelson, quien amablemente nos guió en la etapa de laboratorio de esta investigación.

También un especial agradecimiento a Isabel, Inés y al señor Farías, de los diferentes laboratorios de la Escuela de Ciencias de la Tierra, por tener la mejor disposición para brindarnos su confianza, apoyo y colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Infinitamente Agradecidos

Pedro y Adriana

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló específicamente en el kilómetro 11 y el Cerro Los Udistas, ubicados en las adyacencias de la autopista Ciudad Bolívar-Puerto Ordaz, Estado Bolívar, Venezuela. Las modalidades utilizadas en este trabajo son documental y de campo, respectivamente, y el propósito principal es evaluar petromineralógica y geoquímicamente las rocas aflorantes en los lugares antes mencionados. La superficie está enmarcada geológicamente dentro de la Formación Mesa y la Provincia Geológica de Imataca, esta última se caracteriza geomorfológicamente por un relieve de llanuras a lomeríos, vegetación de sabana, con suelos rojizos, y cursos de agua permanente como el río Orinoco al Norte. La metodología aplicada se fundamenta en tres (3) etapas: de oficina, de campo, y de laboratorio. Durante la visita a campo se tomaron cinco (5) muestras de roca y una (1) de sedimentos para realizar las observaciones macroscópicas y sus respectivos análisis; de aquí se desprende lo siguiente: a) Los resultados del análisis mineralográfico confirman que las muestras PED-1 y PED-3 son Cuarzitas ferruginosas. b) De los análisis petrográficos de las muestras, se deduce que, PED-2 y PED-4 son Gneis graníticos, mientras que PED-5 es un Monzogranito; c) Las características químicas de las muestras PED-2 y PED-5 permiten catalogarlas como: granitos Tipo S, peraluminicos, con tendencia calco-alcalina, formados en un ambiente continental y en una corteza Terciaria. d) Los análisis granulométricos para la muestra PED-6 arrojaron resultados de arena media (39,03%), arena gruesa (36,03%), arena fina (23,86%), limos y arcillas (1,08%), por su parte la relación entre el escogimiento y el grado de madurez la define como submadura y con un escogimiento normal. Los rasgos estructurales en la zona son fracturas sin desplazamiento con tendencias N 60°-70° W y rumbo bidireccional SE, S 50°-60°W con rumbo bidireccional NE.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN.....	vi
CONTENIDO	vii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS	xiii
LISTA DE APÉNDICES	xiv
LISTA DE ANEXOS.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I SITUACIÓN A INVESTIGAR	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Objetivos de la investigación	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Alcance de la investigación.....	4
1.5 Limitaciones de la investigación.....	4
CAPÍTULO II GENERALIDADES.....	5
2.1 Ubicación geográfica del área	5
2.2 Acceso al área.....	6
2.3 Características físico-naturales del área	6
2.3.1 Geomorfología	6
2.3.2 Clima	7
2.3.3 Vegetación.....	7
2.3.4 Hidrografía	8
2.4 Geología Regional.....	9
2.4.1 Litología de Imataca	15
2.4.2 Edad y extensión geográfica	16
2.4.3 Suelos	16
2.4.4 Estilo estructural y metamorfismo	16
2.4.5 Recursos minerales.....	17
2.5 Formación Mesa	17
2.5.1 Edad.....	18
2.5.2 Contactos	18

2.5.3 Litología	18
2.5.4 Espesor	19
2.5.5 Paleo ambientes	19
2.6 Aluviones recientes	19
2.7 Geología local	20
2.8 Geología estructural	21
CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO.....	23
3.1 Antecedentes de la investigación	23
3.2 Fundamentos teóricos.....	24
3.2.1 Provincia Geológica de Imataca.....	24
3.2.1.1 Faja de La Encrucijada.	25
3.2.1.2 Faja de Ciudad Bolívar	25
3.2.1.3 Faja de Santa Rosa.....	25
3.2.1.4 Faja de La Naranjita	25
3.2.1.5 Faja de Cerro La Ceiba	26
3.2.1.6 Faja de Laja Negra.....	26
3.2.1.7 Faja de Cerro Bolívar	26
3.3 Definición de términos básicos	27
3.3.1 Rocas ígneas	27
3.3.2 Clases de rocas ígneas	27
3.3.3 Rocas Félsicas	29
3.3.3.1 Granito	29
3.3.3.2 Riolita	29
3.3.4 Rocas intermedias	30
3.3.4.1 Granodiorita.....	30
3.3.4.2 Andesita	30
3.3.4.3 Dacita.....	30
3.3.4.4 Diorita	30
3.3.5 Rocas máficas.....	31
3.3.5.1 Basalto	31
3.3.5.2 Gabro	31
3.3.6 Rocas ultramáficas	31
3.3.6.1 Peridotita.....	31
3.3.7 Rocas metamórficas	32
3.3.7.1 Gneis	32
3.3.7.2 Migmatitas	32
3.3.7.3 Anfibolitas:	33
3.3.7.4 Charnockitas	33
3.3.7.5 Granulitas	33
3.3.7.6 Cuarcita.....	34
3.3.8 Clasificación triangular para las rocas ígneas	34
3.3.8.1 Uso del triangulo de Streckeisen	37

3.3.8.2	Parámetros del triángulo doble de Streckeisen.....	38
3.3.9	Criterio de Clasificación: saturación en Al_2O_3	39
3.3.10	Clasificación en base a la alcalinidad.....	41
3.3.11	Relación FeO/MgO versus SiO_2	42
3.3.12	Tipos de Corteza.....	45
3.3.13	Diagrama de discriminación tectónica	45
3.3.14	Sedimentos y rocas detríticas o clásticas.....	46
3.3.14.1	Redondez	47
3.3.14.2	Índice de madurez textural	47
3.3.15	Análisis granulométrico	48
3.3.16	Normas COVENIN 277 – año 1992	48
3.3.16.1	Especificaciones de la norma COVENIN 277-92 para granulometría	49
3.3.17	Coeficiente de Escogimiento (S_o).....	49
CAPÍTULO IV METODOLOGÍA DE TRABAJO		51
4.1	Nivel de investigación.....	51
4.2	Diseño de la investigación.....	51
4.3	Etapa de oficina	53
4.3.1	Recopilación y validación de la información.....	53
4.3.2	Planificación del trabajo de campo	53
4.4	Etapa de campo	54
4.4.1	Levantamiento geológico de superficie.....	54
4.4.2	Recolección de muestras	56
4.5	Etapa de laboratorio	58
4.5.1	Análisis petrográfico	58
4.5.2	Análisis Mineralograficos	59
4.7.2.1	Materiales y procedimientos para realizar secciones pulidas:.....	59
4.5.3	Análisis químico.....	61
4.5.4	Análisis granulométricos.....	61
4.5.5	Determinación del grado de redondez.....	62
4.6	Etapa de oficina	63
4.6.1	Elaboración de mapa topográfico y de ubicación de muestras	63
4.6.2	Elaboración del mapa geológico	63
CAPÍTULO V ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		64
5.1	Ubicación e identificación de las muestras	64
5.2	Análisis petrográficos.....	66
5.2.1	Muestra PED-2.....	66
5.2.1.1	Descripción macroscópica	66
5.2.1.2	Descripción microscópica	66
5.2.2	Muestra PED-4.....	68
5.2.2.1	Descripción macroscópica	68

5.2.3 Muestra PED-5.....	70
5.2.3.1 Descripción macroscópica.....	70
5.2.3.2 Descripción microscópica.....	71
5.2.4 Ubicación de las muestras en el triangulo de Streckeisen.....	73
5.3 Análisis Mineralográficos.....	74
5.3.1 Muestra PED-1.....	74
5.3.1.1 Descripción macroscópica.....	74
5.3.1.2 Descripción microscopia y composicional.....	74
5.3.2 Muestra PED-3.....	76
5.3.2.1 Descripción macroscópica.....	76
5.3.2.2 Descripción microscópica y composicional.....	76
5.4 Análisis Químicos.....	78
5.4.1 Índice de saturación de alúmina.....	78
5.4.2 Diagrama de Total Álcalis vs. Sílice (TAS).....	80
5.4.3 Relación FeO/MgO Versus SiO ₂	82
5.4.4 Diagrama de discriminación tectónica.....	83
5.5 Análisis Granulométricos.....	86
5.5.1 Curva granulométrica de la muestra PED-6.....	87
5.5.2 Coeficiente de escogimiento (So).....	87
5.6 Determinación del grado de redondez.....	88
5.7 Identificación de las estructuras geológicas presentes en el área de estudio	89
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	91
REFERENCIAS.....	93

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
2.1 Ubicación Relativa del área de estudio (http://maps.google.es/).	5
2.2 Clima tropical lluvioso del área de estudio.	7
2.3 Vegetación de sabana que caracteriza la zona.	8
2.4 Rio Orinoco al Norte del área de estudio.	9
2.5 Provincias Geológicas del Estado Bolívar tomado de Mendoza, V.(2005).	11
2.6 Costras de óxido de hierro, alteradas a limonita (Complejo de Imataca).	21
3.1 Clasificación IUGS de acuerdo al diagrama QAPF para las distintas rocas plutónicas (faneríticas), Méndez, J. (2006).	35
3.2 Clasificación en base al diagrama Q.A.P.F para rocas volcánicas (afaníticas), tomado de Méndez, J. (2006).	36
3.3 Uso del diagrama de Streckeisen en rocas magmáticas (Griem y Griem, 2008). .	37
3.4 Clasificación de una roca magmática usando los porcentajes de Q, P y F.A respectivamente (Griem y Griem, 2008).	38
3.5 Relación de peso entre Na ₂ O + K ₂ O con respecto a SiO ₂ (Wilson, 1989) tomado de Méndez, J. (2006).	43
3.6 Relación FeO/MgO versus SiO ₂ , Miyashiro (1975) tomado de Mendoza, V. (2012).	44
3.7 Diagrama TiO ₂ -K ₂ O-P ₂ O ₅ (Pearce <i>et al.</i> 1975) en Vallejo D., Salazar A. y Toro L. (2011).	46
3.8 Escala utilizada para determinar redondez en las arenas (Powers, 1982) en Spalletti, L. (2007).	47
3.9 Grados de madurez textural (Spalletti, L. 2007).	48
3.10 Coeficiente de Escogimiento (García, 1965).	50
4.1 Flujoograma metodológico.	52
4.2 Gira académica de Petrología, sección (03), parada en el Cerro Los Udistas.	55
4.3 Vehículo particular utilizado para realizar las visitas a campo.	55
4.4 Uso de la brújula para medir las direcciones de las diaclasas en las	

Cuarcitas ferruginosas.	57
4.5 Toma de muestras de rocas graníticas frescas.	57
4.6 Toma de muestra de sedimentos. Suprayacentes a la parte baja del Cerro Los Udistas.	57
4.7 Secciones delgadas de las muestras PED-2, PED-4 y PED-5 respectivamente....	59
4.8 Secciones pulidas de las muestras PED-1 y PED-3, respectivamente.	60
5.1 Imagen de la zona de estudio y ubicación de los diferentes puntos de muestreo Tomada de Google Earth, Image Landsat 04/10/2013.	65
5.2 Muestra PED-2.....	66
5.3 Fotomicrografía de la muestra PED-2.....	67
5.4 Muestra PED-4.....	69
5.5 Fotomicrografía de la muestra PED-4.....	69
5.6 Muestra PED-5.....	71
5.7 Fotomicrografía de la muestra PED-5.....	72
5.8 Representación gráfica de las muestras PED-2, PED-4 y PED-5 en el diagrama QAP, Streckeisen (1972).	73
5.9 Muestra PED-1.....	74
5.10 Fotomicrografía de la muestra PED-1.....	75
5.11 Muestra PED-3.....	76
5.12 Fotomicrografía de la muestra PED-3.....	77
5.13 Ubicación de las muestras PED-2 y PED-5 en el Diagrama TAS para rocas plutónicas (Wilson, 1989).	81
5.14 Ubicación de las muestras PED-2 y PED-5 en el Diagrama de Variación de FeO/ MgO versus SiO ₂ (Miyashiro, 1975).	83
5.15 Ubicación de las muestras en el Diagrama TiO ₂ -K ₂ O-P ₂ O ₅ (Pearce <i>et al.</i> 1975).	85
5.16 Curva granulométrica de la muestra Ped-6.	87
5.17 representación grafica del grado de redondez de la muestra PED-6.....	89
5.18 Diagrama de roseta.	90

LISTA DE TABLAS

	Pág.
3.1 Criterio de Clasificación, saturación en Al_2O_3 (Méndez, J. 2006).....	39
3.2 Tipos de granitos en relación a sus características químicas y al ambiente tectónico de formación (Méndez, J. 2006).....	40
3.3 Rango de la Norma COVENIN.....	49
5.1 Ubicación e identificación de muestras.....	64
5.2 Composición mineralógica y recálculo en base al 100% de los minerales de la muestra PED-2.....	68
5.3 Composición mineralógica y recálculo en base al 100% de los minerales de la muestra PED-4.....	70
5.4 Composición mineralógica y recálculo en base al 100% de los minerales de la muestra PED-5.....	72
5.5 Minerales presentes en la muestra PED-1.....	74
5.6 Minerales presentes en la muestra PED-3.....	76
5.7 Composición química de la muestra PED-2 y cálculos que definen los campos peralcalino, peraluminoso y metaluminoso, respectivamente.....	79
5.8 Composición química de la muestra PED-5 y cálculos que definen los campos peralcalino, peraluminoso y metaluminoso, respectivamente.....	79
5.9 composición química y relación Total Álcalis vs Sílice de la muestra PED-2.....	80
5.10 composición química y relación Total Álcalis vs Sílice de la muestra PED-5.....	81
5.11 Óxidos presentes y determinación de los valores de SiO_2 y FeO/MgO para la muestra PED-2.....	82
5.12 Óxidos presentes y determinación de los valores de SiO_2 y FeO/MgO para la muestra PED-5.....	82
5.13 Cálculo y recálculo para la muestra PED-2.....	84
5.14 Cálculo y recálculo para la muestra PED-5.....	84
5.15 Ensayo granulométrico de la muestra PED-6.....	86
5.16 direcciones de las estructuras.....	90

LISTA DE APÉNDICES

Pág.

APÉNDICE A

ANÁLISIS PETROGRÁFICOS (INFORME DE INGEOMIN)

- A.1 Muestra PED-2 (NX) 10X/2X: Se observa una textura Granolepidoblástica Inequigranular Interlobulada, formada por cristales que van de tamaño fino hasta grueso, xenoblásticos, formada por Cuarzo (Q), Feldespato (Fk), tipo Microclino Pertítico, Biotita (Bi) con orientación marcada fuertemente alterada. 99
- A.2 Muestra PED-4 (NX) 10X/2X: Alotriomórfica – inequigranular, formada por cristales que van de tamaño medio hasta fino escasos gruesos, mayormente anhedrales, cuyos límites de granos son algunos lobulados (curvos), recristalizados y también irregulares. 100
- A.3 Muestra PED-5 (NX) 10X/2X: Alotriomórfica Inequigranular, donde los componentes son de tamaño variable y subhedral-anhedral, hay Feldespato (Fk) alterado, paquetes de Cuarzo (Q) con inclusiones de Circón y Mica biotita (Bi) bordeando los cristales. 101
- A.4 Muestra PED-1 10X/10X: Se observa Ilmenita (IL) con cuerpos de exsolución lamelar de hematita (Hm), además hay Magnetita (Mt) reemplazando a partir de los bordes a la Hematita (Musketovita) y Goethita (Gt) coloforme. 102
- A.5 Muestra PED-3 10X/10X: Se observa Magnetita (Mt) reemplazando parcialmente a la Hematita (Hm), Musketovita, dejando cuerpos de exsoluciones de Hematita (Hm) y restos de Ilmenita (IL). 103

APÉNDICE B

ANÁLISIS QUÍMICOS (INFORME DEL LABORATORIO DE GEOCIENCIAS DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA UDO-BOLIVAR)

- B.1 Ubicación de las muestras PED-2 y PED-5 en el Diagrama TAS para rocas plutónicas, Wilson (1989). 105
- B.2 Ubicación de las muestras PED-2 y PED-5 en el Diagrama de Variación de FeO/ MgO versus SiO₂, Miyashiro (1975). 106
- B.3 Ubicación de las muestras en el Diagrama TiO₂-K₂O-P₂O₅ (Pearce *et al.* 1975). 107
- B.4 Composición química de la muestra PED-2 y cálculos que definen los campos peralcalino, peraluminoso y metaluminoso, respectivamente. 108

B.5 Composición química de la muestra PED-3 y cálculos que definen los campos peralcalino, peraluminoso y metaluminoso, respectivamente.	108
B.6 Composición química de la muestra PED-5 y cálculos que definen los campos peralcalino, peraluminoso y metaluminoso, respectivamente.	109
B.7 composición química y relación Total Álcalis vs Sílice de la muestra PED 2...	109
B.8 composición química y relación Total Álcalis vs Sílice de la muestra PED 5...	110
B.9 Óxidos presentes y determinación de los valores SiO_2 y FeO/MgO para la muestra PED-2.....	110
B.10 Óxidos presentes y determinación de los valores de SiO_2 y FeO/MgO para la muestra PED-5.....	111

APÉNDICE C

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (INFORME DEL LABORATORIO DE GEOCIENCIAS DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA UDO-BOLIVAR)

C.1 Ensayo granulométrico de la muestra PED-6.....	113
C.2 Curva Granulométrica de la Muestra Ped-6.	114
C.3 representación grafica del grado de redondez de la muestra PED-6.	115

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
1. UBICACIÓN DE MUESTREO KM 11 Y CERRO LOS UDISTAS.....	107
2. MAPA GEOLÓGICO Y UBICACIÓN DE MUESTRAS ÁREA KILÓMETRO 11.....	108
3. MAPA GEOLÓGICO Y UBICACIÓN DE MUESTRAS CERRO LOS UDISTAS (KM.40).....	109

INTRODUCCIÓN

El Precámbrico incluye las primeras etapas en el desarrollo de la tierra, generalmente aflora en algunos pocos lugares del mundo. Las regiones de rocas precámbricas se llaman escudos, entre ellos tenemos el escudo Canadiense, escudo Báltico, escudo Australiano, entre otros.

En Suramérica las rocas pertenecientes al Sistema Precámbrico se encuentran concentradas en los escudos Brasíleros y de Guayana, este último en Venezuela se extiende al Sur del Río Orinoco y limita al Oeste con Colombia, al Sur con Brasil, y al este con la Zona en Reclamación, cubriendo casi el 50% del territorio Nacional. Basándose en caracteres petrológicos y tectónicos Menéndez, (1968) dividió el Escudo de Guayana en cuatro Provincias geológicas que, de más antigua a más joven son: Imataca, Pastora, Cuchivero y Roraima. Petrológicamente la Provincia de Imataca pertenece al denominado cinturón granulítico. Se caracteriza por filas alargadas de cuarcitas ferruginosas tipo Cerro Bolívar y gneises cuarzo-feldespáticos anfibolíticos y granulíticos, migmatitas, charnockitas y algunos mármoles dolomíticos del Complejo Imataca, que ocupan zonas montañosas con alturas superiores a los 400 m.s.n.m. Esta se extiende desde SO-NE desde las proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección NO-SE aflora desde el curso del río Orinoco hasta la falla de Gurí por unos 550 Kms respectivamente. El presente trabajo está estructurado en cinco capítulos. En el capítulo I se presenta la situación a investigar, abarca los objetivos, justificación y limitaciones de la investigación. El capítulo II corresponde a las generalidades del área. En el capítulo III se exponen los fundamentos teóricos. La metodología empleada se muestra en el capítulo IV. El capítulo V se destinó al análisis e interpretación de los resultados obtenidos y 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 Planteamiento del problema

En la actualidad Venezuela requiere estudios exploratorios de todo tipo de recursos, esto con la finalidad de obtener otras fuentes de ingresos económicos, distintos a los originados por la explotación del petróleo y sus derivados.

El problema que se plantea en el presente trabajo de investigación, radica básicamente en el desconocimiento y deficiencia de información confiable, de los recursos naturales que se ubican en el Kilómetro 11 y en el área que, de manera informal, los autores han denominado Cerro Los Udistas, por no encontrar nombre alguno que lo identifique en los mapas de Cartografía Nacional. La falta de información detallada sobre las litologías presentes en esta zona, no permite identificar, para poder clasificar las mineralizaciones y rocas en dicha localidad.

Es por esto que con la siguiente investigación se propone realizar un “Estudio petromineralógico y geoquímico de las rocas aflorantes en el Kilómetro 11 y en el Cerro Los Udistas, ubicados en la autopista Ciudad Bolívar – Puerto Ordaz, Municipio Heres, Estado Bolívar, Venezuela”

Lo antes señalado conlleva a plantear las siguientes interrogantes, las cuales serán respondidas a través de los resultados que se obtendrán al realizar la investigación.

¿Qué características presenta la litología de las zonas de estudio?

¿Cuál es la posible petrogénesis de las rocas aflorantes en el área investigada?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Evaluar petromineralógica y geoquímicamente las rocas aflorantes en el Kilómetro 11 y en el Cerro Los Udistas en la autopista Ciudad Bolívar–Puerto Ordaz, Municipio Heres, Estado Bolívar, Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Determinar la petroquímica de las rocas aflorantes en el Kilómetro 11 y el Cerro Los Udistas, ubicados en la autopista Ciudad Bolívar- Puerto Ordaz.
2. Establecer asociaciones geoquímicas de los elementos identificados a través de los análisis químicos.
3. Establecer la posible petrogénesis de las rocas aflorantes en el Kilómetro 11 y el Cerro Los Udistas, ubicados en la autopista Ciudad Bolívar- Puerto Ordaz.
4. Determinar el Coeficiente de Escogimiento (S_o) que presentan los sedimentos de la parte baja del Cerro Los Udistas mediante granulometría.

1.3 Justificación

La elaboración de este trabajo de investigación permitirá dar a conocer de forma detallada, las litologías presentes en las zonas del Complejo Imataca,

particularmente en el área del Kilómetro 11 y el Cerro Los Udistas, así como también identificar y clasificar, las mineralizaciones y rocas en dicha localidad.

En otro contexto, la investigación que se realiza cobra importancia ya que la universidad evaluara el desempeño de los estudiantes, las herramientas utilizadas en este estudio, y a su formación como profesionales. Así como también permitirá a los estudiantes de la carrera de Geología, partir de una base para realizar investigaciones futuras relacionadas con el tema.

1.4 Alcance de la investigación

Recopilar y detallar la información geológica del Kilómetro 11 y el Cerro Los Udistas, destacando la mineralización y tipos litológicos, utilizando las herramientas de las ciencias geológicas, específicamente: muestreo de campo, análisis químicos, petrográficos, granulométricos, entre otros.

1.5 Limitaciones de la investigación

1. Escasa disponibilidad de información escrita y digital de la zona de estudio.
2. Un laboratorio dentro de la universidad, debidamente equipado, con equipos de corte para realizar secciones delgadas y pulidas, sería de gran ayuda ya que estas representan una parte esencial en la fundamentación de este trabajo y debieron ser realizadas en instituciones ajenas, lo cual genera un retraso y gastos adicionales.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área

El área de estudio se encuentra ubicada en el Kilómetro 11 y el Cerro Los Udistas (Km 40) de la autopista Ciudad Bolívar- Puerto Ordaz Municipio Heres, Estado Bolívar Venezuela. Maps Google (Figura 2.1).



Figura 2.1 Ubicación Relativa del área de estudio (<http://maps.google.es/>).

2.2 Acceso al área

El acceso al área de estudio se efectúa a través de la Autopista Leopoldo Sucre Figarella, en sentido Ciudad Bolívar-Ciudad Guayana; dicha arteria vial está completamente asfaltada, y demarcada.

2.3 Características físico-naturales del área

El área de estudio, forma parte del municipio autónomo Heres del Estado Bolívar según la división político territorial de la República Bolivariana de Venezuela, cuya capital es Ciudad Bolívar, razón por la cual las características físico-naturales de esta población se extrapolaran al área de estudio.

2.3.1 Geomorfología

En general, la topografía del área es muy variada, distinguiéndose como rasgos principales las sabanas, los cerros, las lomas convexas y pronunciadas (Larez H., Salazar M., y Salcedo E., 1972).

La monotonía del paisaje se interrumpe a menudo por la presencia de los afloramientos esparcidos de gneises. Se observan lomas de relieve suave originadas por los efectos de la meteorización de los gneises graníticos precámbricos del Complejo de Imataca que afloran en el área (Larez H., Salazar M., y Salcedo E., 1972).

Entre las lomas se encuentran áreas onduladas caracterizadas por grandes peñones y superficies redondeadas de rocas provenientes de las cuarcitas ferruginosas (Larez H., Salazar M., y Salcedo E., 1972).

2.3.2 Clima

El área de estudio comprende un clima tropical, con dos estaciones una lluviosa de Abril a Noviembre (Figura 2.2), siendo los meses más lluviosos con 122 mm. Junio, Julio y Agosto y una seca de Diciembre a Marzo, siendo los meses de Febrero y Marzo los más secos del año con 7.5 mm. Las precipitaciones regulares a abundantes dan lugar a la creación de zonas de inundación en las áreas adyacentes a los caños y ríos, en especial la zona central de la hoja; el ascenso y descenso de las aguas está controlado por el régimen del río Orinoco (CVG Técnica Minera, C.A, 1991).



Figura 2.2 Clima tropical lluvioso del área de estudio.

2.3.3 Vegetación

La vegetación existente en el área de estudio está constituida por sabana (herbazales) y gramínea arbustiva cuyo componente floral es de tipo llanero,

relacionados a sedimentos de la Formación Mesa (Figura 2.3). Entre las especies vegetales dominantes hay paja peluda, escobilla, chaparro, guayabita, ceiba, alcornoque, entre otros. La característica particular de vegetación de sabana también se observa en zonas de afloramientos del Complejo de Imataca, en menor proporción (CVG Técnica Minera, 1991).



Figura 2.3 Vegetación de sabana que caracteriza la zona.

2.3.4 Hidrografía

El área de estudio posee cursos de aguas permanentes como el Río Orinoco ubicado al Norte constituye el segundo río más caudaloso después del Río Amazona, con un caudal promedio de 30.000 metros cúbicos por segundos (Figura 2.4). Tiene una longitud de 2410 Km, y su cuenca cubre 880,000 Km² posee ríos tributarios cercanos al área de estudio como el río Candelaria, río Guaimire, río Cachipo, río los Majomos, río Currucay.

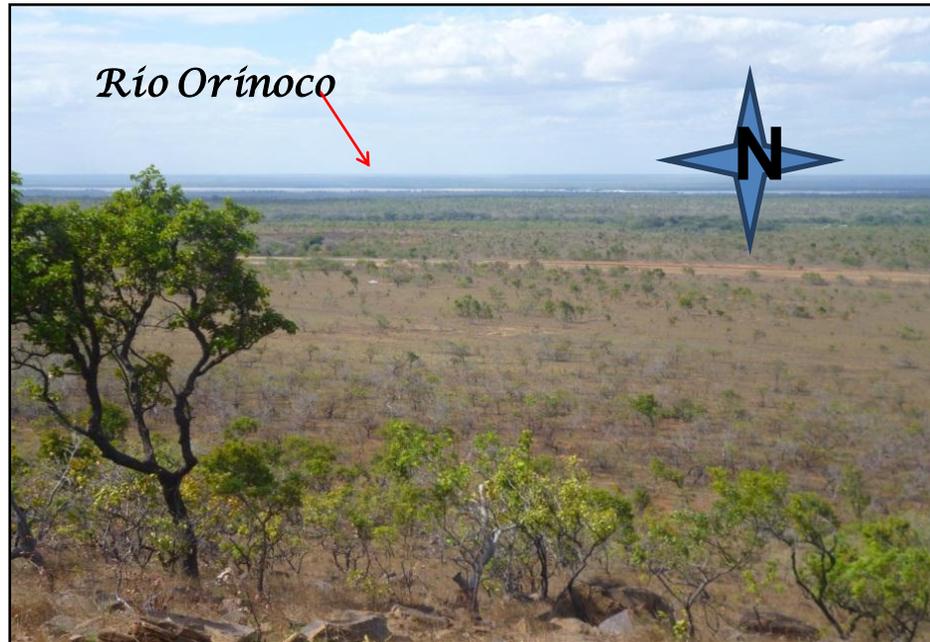


Figura 2.4 Río Orinoco al Norte del área de estudio.

2.4 Geología Regional

La Provincia geológica de Imataca se extiende en dirección SW-NE desde las proximidades del Río Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección NW-SE aflora desde el curso del Río Orinoco hasta la Falla de Gurí por unos 550 Km y 80 Km, respectivamente. No parecen existir razones para que Imataca no se extienda al Norte del Orinoco, ni al Oeste del Río Caura, y por su puesto en tiempos pre disrupción de la Pangea a África Occidental. Algunas compañías petroleras que perforaron la Faja Petrolífera del Orinoco al comienzo de los años 1.980 encontraron rocas de alto grado metamórfico al Norte del Río Orinoco (Mendoza, V. 2005).

En el continente sudamericano las rocas de edad precámbrica se encuentran principalmente divididas por dos secciones: la del Sur (Escudo Guaporé) y la del Norte (Escudo de Guayana), representado, este último, la quinta parte del total. Están

separadas por la Cuenca paleozoica del Río Amazonas, expresión de una gran geofractura profunda que se proyecta a más de 70 s en la corteza (Mendoza, V. 2005).

La estructura del Escudo está constituida por las rocas más antiguas del planeta, que superan los 800 m.a, llegando algunas a 3.600 m.a de antigüedad. Esto significa que estas estructuras se generaron durante el periodo Precámbrico, caracterizado por intensas y sucesivas actividades orogénicas, epirogénicas y volcánicas, intercaladas con periodos de meteorización, erosión y sedimentación. Los cratones contienen rocas de gran rigidez, sin plasticidad alguna que permitiese plegamientos posteriores al precámbrico de ahí su estabilidad relativa frente a los movimientos tectónicos (orogénicos y sísmicos) y el hecho de que solamente hayan sido afectadas por movimientos de ascenso y descenso (epirogénicos), sin flexión alguna. Puede decirse, en fin, que los escudos se fragmentan, inclinan, basculan, pero no se pliegan (Mendoza, op. cit).

La columna estratigráfica del Escudo de Guayana comienza con el granito gnéisico del Arqueano (Precámbrico Inferior) cubierto discordantemente por meta sedimentos de la Era Algonkiana (Precámbrico Superior). Las rocas precámbricas más antiguas son metamórficas, de alto grado: granulitas (félsicas, máficas, ultramáficas), parcialmente migmatitas, representadas por paragneises, esquisto, gneises graníticos, esquisto anfibolíticos y anfibolita, intrusionadas por granodioritas y rocas magmáticas básicas completamente deformadas. El Escudo de Guayana en su parte Septentrional se encuentra en Venezuela al Sur del Río Orinoco, mientras que su parte meridional se adentra en Colombia, Brasil, Guyana, Surinam y la Guayana Francesa (Mendoza, op. cit).

En base a caracteres petrológicos y tectónicos, el Escudo de Guayana ha sido dividido en Venezuela (Menéndez, 1968) en cuatro Provincias geológicas de acuerdo con sus cualidades litológicas, entre las que figuran la cronología, asociaciones y

minerales que componen las rocas. Estas provincias se denominan: Imataca, Pastora, Cuchivero y Roraima (Figura 2.5).

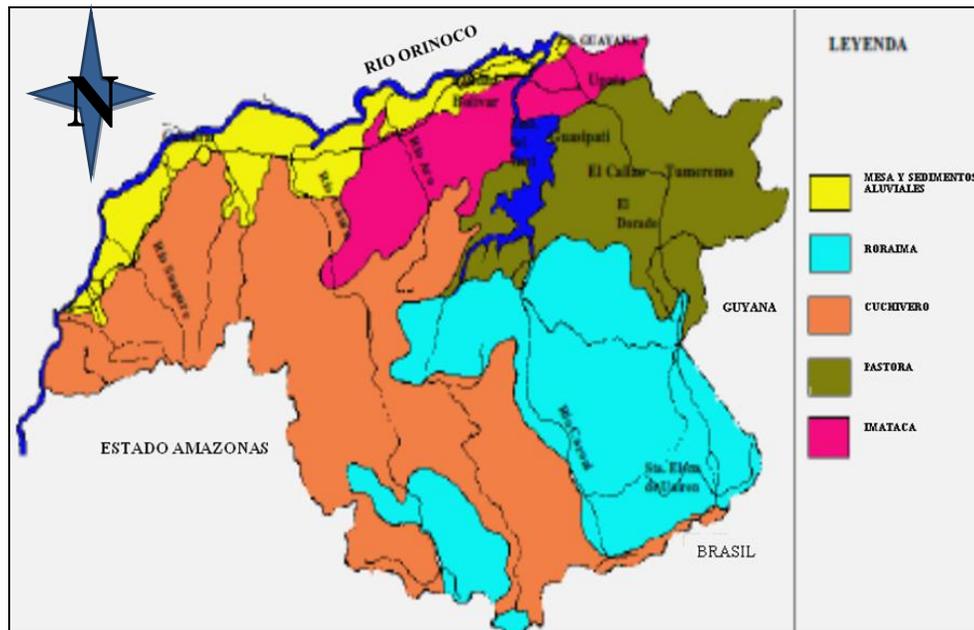


Figura 2.5 Provincias Geológicas del Estado Bolívar tomado de Mendoza V, (2005).

Petrologicamente la Provincia de Imataca pertenece al denominado cinturón Granulítico, Pastora a los cinturones Verdes y Cuchivero se caracteriza por grandes extensiones de granitos (1800 a 2000 m.a) y granitos post-tectónicos (1500 m.a). La Provincia de Roraima es una cobertura de sedimentos discordantes sobre rocas pertenecientes a la Provincia de Pastora o Cuchivero (Mendoza, op. cit)

El Complejo de Imataca está formado por varias fajas tectónicas que representan micro continentes que por deriva chocaron unos con otros con obducción quedando separados entre sí por grandes corrimientos, estas se denominaron como: La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba, Laja Negra y Cerro Bolívar (Ascanio, G. 1975 en Mendoza, V. 2005).

Las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias de origen continental que conforman el Complejo de Imataca son: Migmatitas, Charnockitas, Anfibolitas, Cuarцитas, Dolomitas, etc., De estas, solamente las cuarcitas tienen hierro en cantidades explotables y forman colinas alargadas que configuran amplios arcos desde el Norte del Estado Bolívar en dirección Sur, se van curvando hacia el Este, atraviesan el río Caroní y siguen rumbo N60°E por el Sur de El Pao y el Norte de Upata.

La idea más difundida considera a las rocas de la Provincia de Imataca como un conjunto original de rocas silíceas de composición calco-alkalina, con algunos episodios máficos y asociaciones menores de sedimentarias e itabiritas o formaciones de hierro. Dougan (1977) en González de Juana (1980), en la región cercana a Cerro Bolívar, indica que la composición de los elementos mayoritarios y trazas de las granulitas, gneises graníticos y anfibolitas, rocas representativas de la secuencia original, así como las relaciones de concentración de los elementos indican un carácter calco-alkalino, particularmente de series calco-alkalinas de tipo continental, especialmente en cuanto se refiere a las rocas silíceas. Otras rocas como granulitas máficas y anfibolitas presentan asociaciones de tipo tholeítico.

Las cuarcitas que constituyen estas serranías están flanqueadas por otras rocas menos resistentes a la erosión (migmatitas, anfibolitas, etc.) que son las que forman los valles y las sabanas onduladas. Los granitos bandeados aparecen en las sabanas guayanesas formando como especie de cúpulas de color negro o formando masas alargadas aisladas y de gran tamaño; la redondez se debe a la meteorización esferoidal. Las rocas que se encontraban en esta zona de gran plasticidad, se plegaron hacia arriba dando lugar a anticlinales y en otros casos sinclinales. Las estructuras anticlinales ejercen predominio sobre las sinclinales porque cuando las rocas estaban en estado semisólido o plástico, el material que estaba en movimiento se desplazó con mayor velocidad en los anticlinales que en los sinclinales, por lo cual estos últimos,

resultaron más estrechos y en muchos lugares hasta desaparecieron. Luego en algunos sitios, después de solidificarse el material, continuaron las presiones y los cambios de dirección, esto dio por resultado la generación de fracturas con desplazamientos (fallas), las cuales contribuyeron a multiplicar los espesores.

La formación geológica del cerro San Joaquín es de edad Precámbrica, pertenece a la Provincia de Imataca del Escudo de Guayana. Este es un yacimiento de mineral de hierro de granos finos (menor a 1 mm), similar al de los cerros Bolívar, San Isidro y Los Barrancos (Ascanio, G. 1965 en Mendoza, V. 2000).

La cuarcita ferruginosa o mena de bajo tenor es la roca madre de las menas de alto tenor, conformada básicamente por los minerales: Cuarzo, Hematita y Magnetita. Mediante el enriquecimiento supergénico de esta roca, se formaron concentrados residuales de Hematita, Goethita y Martita, siendo denominadas menas de alto tenor, superior a 55% de contenido de hierro (C.V.G Ferrominera Orinoco 2004 en Araya L., López J. y Abud J. 2012).

En el Complejo Imataca afloran tres tipos de formación de hierro que originan yacimientos importantes: los de grano grueso (Diámetro >1mm), localizadas al Norte de la Falla de El Pao; las de grano medio (Diámetro =1 mm) localizadas entre la Falla de El Pao y la Falla de Guri-Río Carapo, Ej. Cerro María Luisa; Las de grano fino (Diámetro < 1mm), localizadas al Sur de la Falla de Guri-Río Carapo (Pdvs-Intevep, 1997).

1. Yacimientos de grano grueso: al Norte de la Falla de El Pao afloran esporádicamente formaciones de hierro de grano grueso, con diámetros variables. Estas formaciones tienen en general, estructura gnéisica en la cual bandas pobres en sílice con menos de 15 %, alternan con bandas ricas en óxido de hierro con más de 60

%. Estas bandas ricas se presentan, a veces, como lentejones de mena dura (Pdvs, op.cit)

Asociadas a estas formaciones de hierro de grano grueso se encuentran las menas duras de grano grueso del tipo El Pao, donde el diámetro de los cristales varía de 1 mm a 4cm. Intercaladas con estas menas se encuentran rocas máficas: esquistos, gneises y rocas granulares piroxénicas. Entre los principales yacimientos de mena dura tipo El Pao son: Cerro El Pao, Cerro Gutiérrez, Cerro La Imperial, Cerro Las Grullas, Cerro Piacoa (Pdvs, op.cit).

2. Yacimientos de grano medio: el diámetro de los cristales varía alrededor de un milímetro, afloran entre la Falla de El Pao y la Falla de Guri-Río Carapo. Los yacimientos de esta zona se dividen en: Cerro María Luisa y Pequeños yacimientos localizados en el área de Guri (Pdvs, op.cit).

3. Yacimientos de grano fino (menas tipo Cerro Bolívar): Al Sur de Falla Guri-Río Carapo afloran formaciones de hierro de grano fino, laminadas, tipo Lago Superior, en las cuales el diámetro de los cristales es inferior a un milímetro. Por meteorización tropical, al lixiviarse la sílice y concentrarse los óxidos de hierro se derivaron las menas residuales de grano fino tipo Cerro Bolívar (Pdvs, op.cit).

Los principales yacimientos de grano fino son el Cerro Bolívar y los cerros El Trueno, Altamira, San Isidro, San Joaquín, Las Pailas, Los Barrancos, La Estrella, Redondo, Toribio y Arimagua (Pdvs, op.cit).

Las capas lenticulares delgadas de formación de hierro (BIF) que afloran en el Complejo de Imataca al ser erosionadas, generan fragmentos que se acumulan en las laderas de las colinas formando una coraza protectora de las rocas subyacentes y produciendo la impresión de que se trata de un yacimiento grande de formación de

hierro (cuarcita ferruginosa). Este hecho conduce a sobrestimar las reservas de mineral de hierro de bajo tenor en el Complejo de Imataca, que yacen debajo de los yacimientos de menas residuales (Pdvs, op.cit)

Las tendencias estructurales dominantes regionales son N60°-70°E, más o menos paralelas a la falla de Gurí. En realidad registran seis o más dominios tectónicos, separados entre sí por grandes fallas mayores, del tipo corrimiento. El plegamiento es isoclinal, con plegamientos más abiertos. En la parte Norte, los pliegues tienen rumbo Noroeste mientras que en la parte Sur la tendencia dominantes de los pliegues es N70°-80°E (Mendoza, V. 2005).

2.4.1 Litología de Imataca

El Complejo de Imataca consiste en orden de abundancia decreciente, de una secuencia, de granulitas plagioclásicas-cuarzo-piroxénicas, granulitas microclínicas - cuarzo plagioclásicas-piroxénicas, gneis cuarzo-feldespático-cordierítico-granatífero-biotítico-silimanítico-grafítico y formaciones de hierro, con las siguientes litologías secundarias: cuarcita, caliza impura metamorfozada, roca rodonítica-granatífera, roca cuarzo-granatífero-grafítica y esquistos bronzítico-hornabléndico-biotítico. La secuencia está intrusionada por cuerpos graníticos básicos. El complejo se caracteriza por estructuras anticlinales bien desarrolladas y estructuras sinclinales mal definidas, con rumbo Este-Noreste (Mendoza, V. 2000).

Los conjuntos del Complejo de Imataca están intensamente metamorfozados, y pertenecen en general a la subfacies de granulita hornabléndico, de la facies granulítica según (Chase, 1965 en PDVSA-INTEVEP, 1997).

Las Provincias con granulitas, anfíbolitas y migmatitas se componen, como en el Complejo y Provincia de Imataca. De granulitas y gneises félsicos de hasta un

60%, granulitas máficas y ultramáficas hasta un 20%. Estas granulitas han sido interpretadas como (originadas por la colisión de micro continentes), rocas supracorticales e intrusivas dragadas rápidamente a gran profundidad donde alcanzaron facies anfibolita/granulita (Mendoza, V. 2000). Aunque también están presente granulitas piroxénicas (charnockitas), las cuales son observables en Cachamay (Puerto Ordaz) y en las minas de hierro El Pao.

2.4.2 Edad y extensión geográfica

La edad del protolito de Imataca ha sido estimada mediante determinaciones radiométricas por los métodos Rb/Sr y U/Pb roca total, como correspondientes a 3.500-3.600 m.a., La Provincia de Imataca está situada en el extremo Norte de la Guayana Venezolana y se extiende en dirección Noreste desde la cuenca hidrográfica del bajo Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección Noreste Sureste aflora desde el curso del Río Orinoco hasta la falla de Gurí por unos 550 s y 80 s respectivamente (Mendoza, V. 2005).

2.4.3 Suelos

En el complejo de Imataca, los suelos de la meteorización química de la roca del complejo ígneo-metamórfico, se les denomina suelos residuales y están formados principalmente por arcillas (Flores, M. 2004).

2.4.4 Estilo estructural y metamorfismo

En general, el estilo estructural de la Provincia de Imataca, estuvo regido por dos factores: pliegues de flujo sin tectónico, y fallas transcurrentes tardía a pos – tectónica. El metamorfismo registrado en las rocas de la Provincia de Imataca decrece desde la mina de hierro El Pao, con granulitas de dos piroxenos en charnockitas,

anortositas y granulitas máficas y hasta ultramáficas (que sugieren de hasta 750-800°C y moderadas a elevadas presiones de 8 a 8.5 kbs,) (equivalentes a menos de 30 s de presión de roca), hacia la zona de Gurí, con anfibolitas y migmatitas, rocas graníticas, con granate cordierita-sillimanita, los que implican temperaturas de 650-750°C y presiones de 4 a 7 kbs, es decir profundidades menores de 20 kms de espesor de rocas (Mendoza V. 2005).

2.4.5 Recursos minerales

Los principales recursos minerales de la Provincia de Imataca son: hierro (tipo lago Superior en el Cerro Bolívar y tipo Algoma en El Pao), manganeso, dolomita, oro (en vetas de cuarzo, etc.) y potencialidades para Ni, Cr, Pt además de bauxitas y caolines (Mendoza, V. 2005).

2.5 Formación Mesa

En el Estado Bolívar, la Formación Mesa ocupa la parte septentrional, aunque se extiende a otros estados Anzoátegui y Monagas. Las capas afloran desde la Serranía del Interior al Norte, por toda la Cuenca Oriental de Venezuela y en el río Orinoco al Sur, desde una zona tan occidental como la curva de El infierno hasta Delta Amacuro (CVG Técnica Minera C.A., op. cit.).

A lo largo de la autopista Ciudad Bolívar-Puerto Ordaz los sedimentos están constituidos por arenas y gravas, representando el 22,2% y el 2,8% respectivamente. Predomina un grado de escogimiento entre bien y normalmente escogido en un 11,1%, en menor abundancia sedimentos mal escogidos en un 2,8% y también poseen alto contenido de partículas subredondas y subangulares de tal modo que han sufrido moderado transporte por mecanismo de saltación, por corriente de moderada

energía y pertenecen a depósitos de la zona distal de abanicos aluvionales (Prado, Y. 2004).

2.5.1 Edad

Se ha postulado una edad del Pleistoceno para la Formación Mesa (PDVSA - Intevep, 2005).

2.5.2 Contactos

En el Estado Bolívar la Formación Mesa suprayace discordantemente sobre rocas ígneo-metamórficas precámbricas del Complejo de Imataca. Por debajo de la Formación Mesa, en ocasiones debajo de las capas de suelo y como terrazas de inundación se observa la presencia de roca meteorizada del basamento, fracturada y diaclasada. (PDVSA Intevep, 1997-2005).

2.5.3 Litología

En los límites Norte y Sur de la Mesa de Guanipa (González de Juana, 1946), la Formación Mesa consiste de arenas de grano grueso y gravas, con cemento ferruginoso muy duro; conglomerados rojos a casi negro, arenas blanco-amarillentas, rojo y púrpura, con estratificación cruzada; además contiene lentes discontinuos de arcilla fina arenosa y lentes de limolita. En la Mesa de Tonoro se observan capas lenticulares de conglomerados, arenas, y algunas arcillas. Al Noroeste de Santa Rosa existe una capa lenticular de conglomerado, de más de 25 m de espesor, con delgadas intercalaciones de arenas (Léxico Estratigráfico de Venezuela., 1977).

2.5.4 Espesor

El espesor de la Formación Mesa es muy variable, pero en términos generales disminuye de Norte a Sur, como consecuencia del cambio en la sedimentación fluvio-deltáica, y aumenta de Oeste a Este, por el avance de los sedimentos deltaicos (González de Juana *et al.*, 1980). En la mesa de Maturín, La Formación Mesa tiene un espesor máximo de 275m, mientras que en el Estado Bolívar rara vez llega a los 20m. (PDVSA-Intevep, 1999-2001).

2.5.5 Paleo ambientes

González de Juana (1980), afirma que La Formación Mesa es producto de una sedimentación fluvio-deltáica y paludal, resultado de un extenso delta que avanzaba hacia el Este en la misma forma que avanza hoy el delta del río Orinoco. El mayor relieve de las cordilleras septentrionales desarrolló abanicos aluviales que aportaban – lateralmente a la sedimentación clásticos de grano más grueso (del frente de montaña), mientras que desde el Sur el aporte principal era de arenas. En la zona central, postuló la existencia de ciénagas.

2.6 Aluviones recientes

Los aluviones se encuentran bordeando la margen Sur y Norte del río Orinoco y en algunos de sus afluentes. En el área de estudio se encuentran en contacto deposicional con la Formación Mesa y con el Complejo de Imataca. Constituyen aportes recientes de los diferentes ríos y quebradas, son zonas sometidas a inundaciones periódicas en las épocas de lluvia, formándose sedimentos constituidos por arenas y arcillas, dando origen a suelos arenosos y en algunos casos se encuentran suelos bien evolucionados. Geomorfológicamente constituye una planicie

deposicional no disectada a ligeramente disectada e inundable (CVG Técnica Minera., op. cit.).

2.7 Geología local

La zona investigada está conformada litológicamente por rocas de composición granítica de alto grado metamórfico, facies granulítica, cuya composición mineralógica es variable. Las observaciones de campo conllevo a la selección de muestras de roca ígnea con variaciones significativas en la mineralización y muestras de rocas metamórficas como cuarcitas ferruginosas.

A tal efecto se determinó en campo que el afloramiento es una roca de composición granítica con efecto de migmatización, con presencia de un paleosoma contenido en la parte gnésica oscura (de color intermedio, probablemente de composición monzonítica) y una parte más joven (neosoma), leucocrática, alcalina más clara es decir se evidencia la presencia de pliegues ptigmáticos.

El Cerro Los Udistas (nombre informal) está conformado principalmente desde la parte Norte específicamente desde la coordenada UTM (E 476210, N 904779), a 138 msnm aproximadamente, por fragmentos de Cuarcita ferruginosa de un tamaño cercano a los 5 centímetros. A medida que ascendemos en dirección Sur los fragmentos van aumentando gradualmente de tamaño hasta alcanzar los 90 cms en su mayoría, estos bloques presentan evidencias de oxidación por los factores de meteorización e interperismo formando costras de hierro (Figura 2.6), estas características presentes en los bloques de cuarcita se observan de forma rómbica, siguiendo la morfología del cerro, que hacia el Sureste se presenta de forma alargada. La meteorización química de dichas cuarcitas, cuando se suelte va a generar suelos rojizos, arcillas en algunas partes (arcillas ferruginosas) y aluminio; Estos suelos se pueden categorizar ricos en hierro y aluminio y son llamados suelos Pedalfer (Al de

aluminio y Fer de Hierro). También se observaron pisolitos de hierro que se producen por precipitación química, por lo tanto el suelo es pisolítico.

Hacia la parte Este del Cerro Los Udistas aproximadamente 900 mts del mismo se encuentran afloramientos de rocas graníticas con alto grado metamórfico, la cual se presentan en lomas redondeas, desnudas de vegetación, con meteorización esferoidal y diferencial, característico de este tipo de rocas.



Figura 2.6 Costras de óxido de hierro, alteradas a limonita (Complejo de Imataca).

2.8 Geología estructural

Estructuralmente, La Provincia Geológica de Imataca, representa un cuadro muy complicado: rocas intensamente plegadas y falladas seguramente por más de un evento de deformación. El patrón de plegamiento es bastante cerrado, intenso, imbricado e isoclinal, sugiriendo así junto con el grado metamórfico regional, su desarrollo en niveles profundos de la corteza (Mendoza, V. 2000).

Existen tres Fallas de carácter regional: Falla de Gurí, Falla El Pao y Falla de Santa Bárbara, las cuales son muy similares en sus características y naturaleza. Estas Fallas se extienden por varios centenares de s con rumbo general de N 70⁰ E y desarrollan zonas monolíticas que varían desde los 400m hasta los 5Kms. de ancho. Genéticamente asociados a estas Fallas regionales existen pliegues de arrastres de diversa magnitud, cizallamiento paralelo secundario, diaclasas y fracturas relacionadas (Mendoza, V. 2000).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Nesin B. (1974), “Guía de la excursión geológica Puerto Ordaz-Gurí-Ciudad Piar-Ciudad Bolívar-Puerto Ordaz”, realizó un reconocimiento de 470 Km. En el trayecto de la excursión se observaron a grandes rasgos las características litológicas y estructurales sobre las cuales la mayoría de los geólogos han demostrado acuerdo general; el área de estudio abarca una sección del río Claro, donde se desarrollan anfibolitas, esquistos anfibolíticos, meta-areniscas feldespáticas y lechos delgados de mármol dolomíticos. Dentro de este orden de ideas se observaron las características litológicas y estructurales para ser relacionadas con las del área de estudio.

Ascanio G. (1975), considera que el complejo consta de siete bloques de rocas los cuales denominó fajas, cada uno con expresión fisiográfica propia determinada por su composición y estructura. Los contactos entre los bloques están definidos por líneas que siguen al pie de las montañas o el curso de algunos ríos y riachuelos. De este modo se puede tener una idea de la zona de trabajo y sus adyacencias.

Yáñez H. y Cruz C. (1999), realizaron reconocimiento geológico de la Hoja Geológica Marhuanta N° 7540 escala 1:100.000, encontraron que la zona de estudio está constituida esencialmente de gneises cuarzo feldespáticos, granulitas, anfibolitas, granitos y formaciones de hierro intercalados en la secuencia gnésica. Esta secuencia, está intrusionada por parte del plutón del granito de la Encrucijada y por cuerpos menores de rocas graníticas como cuarzo dioritas y granodioritas (Informe del Ministerio de Energía y Minas, MEM. 1999). Esto sirve como base para la realización del proyecto.

Estudios recientes realizados por Mendoza (2000), concluyó, que el Complejo de Imataca, está formado por gneis graníticos y granulitas félsicas (60%-50%), anfibolitas y granulitas máficas hasta ultramáficas (15%-20%) y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (BIF), dolomitas, charnockitas, anortositas y granitos intrusivos más jóvenes (Mendoza V., op. cit.). Aquí adoptamos el punto de partida para definir las litologías presentes en la zona de estudio.

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 Provincia Geológica de Imataca

La Provincia de Imataca registra seis o más dominios tectónicos, separados entre sí por grandes fallas tipo corrimientos. Internamente el plegamiento es isoclinal con replegamiento más abierto. En la parte Norte, los pliegues tienen rumbo NW mientras que en la parte Sur la tendencia dominante de los pliegues N 60°-70° E que es la que predominan regionalmente, es decir aproximadamente paralelas a la falla de Gurí.

Ascanio postuló que parte del Complejo de Imataca está formado por las siguientes fajas tectónicas que representan micro continentes que por deriva chocaron unos con otros con obducción, quedando separados entre sí por grandes corrimientos.

Según Ascanio, G. (1975) denominó estas fajas: La Encrucijada 2.0 a 3.0 Ga, Ciudad Bolívar 3.0 Ga, Santa Rosa 2.7 Ga, La Naranjita 2.7 a 3.0 Ga, La Ceiba 2.8 Ga, Laja Negra 3.0 Ga, Cerro Bolívar 2.7 Ga.

3.2.1.1 Faja de La Encrucijada: constituida, predominantemente por gneises piroxénicos y monzograníticos, dentro de los cuales se han emplazado las sienitas cuarcíferas y los granitos de La Encrucijada (Ascanio, G. 1975).

Estos gneises tienen colores verdes, grises y rosados; son de grano medio a grueso, bandeados, unas veces granulares y otras porfídicos. Contienen formaciones de hierro de grano grueso (Ascanio, op. cit).

3.2.1.2 Faja de Ciudad Bolívar: constituida por gneises cuarzo-feldespáticos de grano grueso, generalmente granatíferos, intercalados con esquistos y anfibolitas. Contiene formaciones de hierro de grano medio. Esta faja reposa sobre la Faja de La Encrucijada, el contacto está definido por una intercalación de gneises y anfibolitas de grano fino que descansan sobre las rocas cuarzo-feldespáticas de grano grueso de la faja de La Encrucijada (Ascanio, op.cit).

3.2.1.3 Faja de Santa Rosa: en esta faja se encuentran gneises cuarzo-feldespáticos biotíticos, grises, bandeados, intercalados con anfibolitas y con capas delgadas de formación de hierro y cuarcitas blancas. Reposan sobre la faja de Ciudad Bolívar y debajo de la faja La Naranjita, La Ceiba y Laja Negra. El contacto de esta faja con La Naranjita coincide con el contacto de la isograda del ortopiroxeno y de la isograda de la moscovita de Dougan (1972), para el cual sugiere un control estructural. El rumbo general de la faja es de N 60° W (Ascanio, op.cit).

3.2.1.4 Faja de La Naranjita: aquí afloran gneises de grano grueso, a veces bien bandeados, intercalados con anfibolitas y con lentes delgadas de formación de hierro. Su característica principal es la estructura de doble declive. La Naranjita constituye un codo estructural del Complejo de Imataca, al Este de este sitio las estructuras tienen dirección Noreste y al Oeste toman dirección Noroeste (Ascanio, op.cit).

3.2.1.5 Faja de Cerro La Ceiba: aflora desde 18 s al Oeste de Cerro La Ceiba hasta el río Tocomá al pie de Cerro Toribio. Tiene forma lenticular con una anchura máxima de 10 s y está formada por gneises cuarzo-monzoníticos rosados. El gneis de Cerro La Ceiba es de color rosado, grano grueso, contorsionado, con desarrollo de pegmatitas paralelas al bandeamiento. La litología es muy uniforme, no contiene formaciones de hierro ni otras rocas resistentes que lo protejan de la erosión. El rumbo general del bandeamiento es de N 45° W el cual controla el drenaje (Ascanio, op.cit).

3.2.1.6 Faja de Laja Negra: esta faja de roca está cruzada por la carretera de Ciudad Piar – Ciudad Bolívar, desde el puente sobre el río Yaunó hasta cerca del puente de Orocopiche. Está constituida por gneises cuarzo-feldespáticos biotíticos, contorsionados, de grano grueso, con vetas delgadas de pegmatitas. Se encuentran intercalados con formación de hierro en el sitio denominado Bacalao, al Norte de Cerro Bolívar y además en varias partes al Oeste del río Marcela (Ascanio, op.cit).

3.2.1.7 Faja de Cerro Bolívar: esta faja de roca aflora desde la falla de Guri-río Carapo. Está constituida por gneises cuarzo-feldespáticos grises y rosados, contiene formaciones de hierro de poco espesor en la parte inferior de la sección, las cuales afloran en los núcleos de los anticlinales. En su parte superior se encuentran en forma de sinclorios de formaciones de hierro de grano fino, que tienen hasta 200 metros de espesor. La faja de Cerro Bolívar reposa debajo del complejo Supamo y está sobrecorrida sobre las fajas de La Naranjita, Cerro La Ceiba y Laja Negra. La mayor parte de esta faja reposa sobre la faja de Laja Negra (Ascanio, op.cit).

3.3 Definición de términos básicos

3.3.1 Rocas ígneas

Son rocas cristalinas o vítreas que se forman a partir del enfriamiento y solidificación del magma, proceso que puede ocurrir debajo de la superficie terrestre o después de una erupción volcánica en la superficie. En cualquiera de las dos situaciones las rocas resultantes se denominan rocas ígneas. Las rocas ígneas se componen de rocas intrusivas o rocas plutónicas formadas a partir de un magma que se solidifica debajo de la superficie y rocas extrusivas o volcánicas formadas por el magma cuando sale a la superficie como lava (Méndez, J. 2006).

3.3.2 Clases de rocas ígneas

Los tipos más importantes o usuales de las rocas ígneas se pueden clasificar en base a tres parámetros: 1. Origen intrusivo (plutónico) o extrusivo (volcánico). 2. Composición mineralógica. 3. Tipo de textura principal: afanítica (volcánica) o fanerítica (plutónica).

En general la base de la clasificación de las rocas ígneas depende de su composición mineralógica, la cual indica en términos generales cuatro grupos de rocas:

1. Rocas félsicas ricas en feldespato potásico, plagioclasas ricas en sodio, cuarzo y algo de micas muscovita, biotitas y anfíboles.
2. Rocas intermedias ricas en plagioclasas con componentes más o menos similares de calcio y sodio, anfíboles, piroxenos y cuarzo.
3. Rocas máficas ricas en plagioclasas cálcicas, piroxenos, olivino y algo de anfíboles.

4. Rocas ultramáficas ricas en olivino seguida de plagioclasas cálcicas y piroxenos.

Estos cuatro grupos dependiendo de su origen, sea intrusivo o extrusivo, poseen una textura fanerítica (rocas intrusivas) o afanítica (rocas extrusivas). Por la composición mineralógica, origen y textura se clasifican por parejas en cuatro grupos principales:

1. Rocas Félsicas:

- a. Granitos (faneríticas intrusivas).
- b. Riolita (afanítica extrusiva).

2. Rocas Intermedias:

- a. Dioritas (faneríticas intrusivas).
- b. Andesita (afanítica extrusiva).

3. Rocas Máficas:

- a. Gabro (fanerítica intrusiva).
- b. Basalto (afanítica extrusiva).

4. Rocas Ultramáficas:

- a. Peridotita (Fanerítica intrusiva).
- b. Comatita (Afanítica intrusiva).

A estos grupos hay que añadirle un quinto grupo muy importante que se encuentra entre las rocas félsicas y las intermedias representado por la granodiorita y la dacita. La composición mineralógica de la granodiorita representa el promedio de las rocas ígneas de las cuales mayormente está compuesta la corteza continental. La

granodiorita representa la roca intrusiva de textura fanerítica y la dacita la roca correspondiente extrusiva de textura afanítica (Méndez, J. 2006).

3.3.3 Rocas Félsicas

3.3.3.1 Granito: es una roca de origen intrusivo y de textura fanerítica compuesta por más de 50% de feldespato potásico y plagioclasa rica en sodio (comúnmente oligoclasa ($An_{10} - An_{30}$), ambos en textura perítica y de anhedrales a subhedrales, así como entre 25% y 35% de cuarzo. En las variedades porfídicas, el fenocristal común es feldespato alcalino, El cuarzo es anhedral y en moldes, alrededor y entre los granos adyacentes. Otros constituyentes comunes son la mica moscovita y silicatos oscuros como la biotita y el anfíbol, los cuales en conjunto no llegan al 20%. Minerales accesorios incluyen apatito, magnetita, ilmenita-hematita, circón, turmalina, fluorita (en granito alcalino), y raramente, cordierita y granate (minerales ricos en aluminio).

El granito puede tener textura porfídica caracterizada por dos tamaños de cristales claramente diferentes. Los cristales más grandes se denominan fenocristales, mientras que la matriz de cristales más pequeños se denomina pasta. Los cristales más grande son de cuarzo y anfíbol en una matriz de cristales más pequeños de feldespatos. Algunos granitos poseen un color rosa o casi rojizo y se debe al alto contenido de feldespato potásico. En los granitos, la alteración hidrotermal es común: biotita se altera a clorita y esfena, feldespato potásico a sericita y caolinita (Méndez, 2006).

3.3.3.2 Riolita: representa el equivalente extrusivo o volcánico del granito por lo tanto posee una textura afanítica y una composición mineralógica equivalente al granito. La Riolita puede contener fenocristales normalmente pequeños compuestos por cuarzo o feldespato potásico (Mendoza, V. 2003).

3.3.4 Rocas intermedias

3.3.4.1 Granodiorita: todas estas rocas son hipidiomórficas granulares, que contienen al menos 10% de cuarzo y casi todas son de composición ácida (Turner, H. y Gilbert, C. 1968). Las granodioritas requieren que la cantidad de plagioclasa sea igual o mayor que la de feldespato potásico; si excede la cantidad de feldespato se incluye entre los granitos y si la plagioclasa está presente en cantidades accesorias, la roca es una tonalita, ocupan una posición intermedia entre los granitos y la tonalita (Heinrich, W.1972).

3.3.4.2 Andesita: es una roca intermedia en cuanto a su composición mineralógica, de origen extrusivo y de textura afanítica. Su nombre se deriva de los andes de América del Sur, donde numerosos volcanes están formados por este tipo de roca (Turner, F. 1978).

Está compuesta por plagioclasa (entre cálcica y sódica), piroxenos y anfíboles. Puede contener pequeños cristales de cuarzo. La andesita generalmente tiene textura porfírica como fenocristales de feldespato y minerales ferromagnesianos (Turner, F. 1978).

3.3.4.3 Dacita: es una roca extrusiva de textura afanítica. Es el correspondiente volcánico de la granodiorita. Pueden contener un contenido moderado de minerales máficos como biotita anfíboles, o piroxenos. Son de color más oscuro que la granodiorita (Turner, F. 1978).

3.3.4.4 Diorita: es una roca intermedia entre el granito y el gabro. Es la roca plutónica equivalente en cuanto a la composición a la andesita. Es similar al granito en textura (fanerítica y porfírica). La plagioclasa (entre cálcica y sódica) es el mineral dominante, con cuarzo y feldespato potásico como secundarios. El feldespato también

es un constituyente importante y algunos piroxenos pueden estar presentes (Turner, F. 1978).

3.3.5 Rocas máficas

3.3.5.1 Basalto: es la roca de origen extrusivo (volcanes en puntos calientes, dorsales oceánicas) y de textura afanítica más común. Es de grano muy fino y de color oscuro, generalmente verde oscuro a negro. Los granos y cristales minerales son muy pequeños por lo cual es necesario el uso del microscopio polarizante para un estudio detallado. Los basaltos son compuestos de plagioclasas ricas en calcio y piroxeno con cantidades menores de olivino y anfíbol. La plagioclasa se encuentra como cristales alargados rodeados de cristales o granos más equidimensionales de piroxeno y olivino. En algunos casos cristales más grandes de olivino o piroxeno forman fenocristales y textura porfirítica (Turner, F. 1978).

3.3.5.2 Gabro: el gabro es el equivalente plutónico o intrusivo y textura fanerítica de los basaltos. Es un constituyente importante de la parte inferior de la corteza oceánica, donde grandes porciones de magma que formaron los depósitos subterráneos que originaron las emisiones de lavas basálticas, se solidificaron en profundidad y formaron gabros. El color es similar al de los basaltos (Turner, F. 1978).

3.3.6 Rocas ultramáficas

3.3.6.1 Peridotita: es una roca fanerítica. La peridotita es una roca compuesta básicamente por dos minerales: principalmente olivino y en forma secundaria piroxenos o plagioclasa rica en calcio (o ambos). No es una roca común en la corteza continental y menos en la superficie de la Tierra. Es un constituyente importante por debajo de la corteza del manto superior que forma parte de la litosfera, lo que sugiere

que el manto predominantemente está formado por rocas similares a peridotitas (Turner, F. 1978).

3.3.7 Rocas metamórficas

Roca formada por la modificación de otras rocas existentes, sean ígneas, sedimentarias o metamórficas en el interior de la Tierra (pero todavía en estado sólido) por acción del calor, presión y/o fluidos químicamente activos (Méndez, J. 2006).

3.3.7.1 Gneis: los gneises se derivan del metamorfismo de grado alto. Gneis es el término que se aplica a las rocas bandeadas con minerales granulares y alargados, en oposición a los alargados de los esquistos. Los minerales más comunes son el cuarzo, feldespato potásico y plagioclasas, así como cantidades menores de moscovita, biotita y hornablenda. El bandeo característico de los gneis se deriva de la segregación en bandas de los minerales claros y oscuros (Méndez, J. 2006).

La mayoría de los gneis consisten en bandas alternas de zonas ricas en feldespatos blancos y/o rojizos y en capas de minerales ferromagnesianos oscuros. Los gneis con composición similar al granito se derivan de este. También se pueden originar, en menor grado, de los esquistos. Como los esquistos, los gneis pueden incluir minerales accesorios como el granate y la estauroлита, pueden estar compuestos mayoritariamente por minerales oscuros como los que forman el basalto como el gneis anfibólico (rico en anfíbol) (Méndez, J. 2006).

3.3.7.2 Migmatitas: son rocas que muestran características de rocas ígneas y metamórficas formándose en ambientes metamórficos extremos. Estas rocas pueden formarse cuando se funden los silicatos félsicos o no ferromagnesianos derivados de esquistos y gneis y luego cristalizan, mientras que los silicatos máficos o

ferromagnesianos se mantienen sólidos. De esta manera la roca presentara bandas claras de roca cristalina ígnea derivada del material previamente fundido y bandas oscuras del material que no se fundió (Méndez, J. 2006).

3.3.7.3 Anfibolitas: es una roca metamórfica de grano grueso compuesto principalmente por anfíbol y plagioclasa y con cantidades menores de mica, cuarzo, granate y epidota. Las anfibolitas resultan del metamorfismo de basaltos, gabros y otras rocas ricas en hierro y magnesio. Algunas anfibolitas presentan algo de foliación si las micas son muy abundantes. Es típica del metamorfismo medio-alto grado de rocas volcánicas máficas (Méndez, J. 2006).

3.3.7.4 Charnockitas: son rocas granoblásticas que contienen antiperita, plagioclasa sódica, hiperstena, diópsido, granate y minerales metálicos (Heinrich W., op. cit.). También están compuestas principalmente por: cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa sódica, hipersteno, granate menos frecuente y mica (Turner H. y Gilbert C., op. cit.). Las charnockitas son variedades de granulitas, en el sentido más amplio caracterizadas por la presencia de piroxenos. La mayoría de las rocas llamadas granitos piroxénicos son similares a las charnockitas y las charnockitas félsicas (ácidas) son granulitas en sentido estricto (Heinrich W., op. cit.).

3.3.7.5 Granulitas: usualmente posee una textura granular y se deriva de un metamorfismo de alto a muy alto grado. Los minerales típicos encontrados incluyen cuarzo, plagioclasas, piroxenos, granates y sillimanita.

Las granulitas de metamorfismo con grado menor (en relación al grado usual para la formación de estas rocas), incluyen también cuarcitas y hornfels. Los granos son de medios a gruesos y equidimensionales sin exfoliación o muy ligera. Se forman por el metamorfismo de lutitas, areniscas impuras y muchos tipos de rocas ígneas (Méndez, J. 2006).

3.3.7.6 Cuarcita: roca metamórfica derivada de areniscas ricas en cuarzo o areniscas cuarzosas. En condiciones de metamorfismo de grado medio a elevado los granos de cuarzo se funden o desarrollan en un intercrecimiento y cuando la roca se fractura o rompe, la separación no necesariamente es entre los bordes de los granos originales sino que puede ocurrir entre los mismos granos.

La cuarcita es normalmente blanca pero los óxidos de hierro pueden generar tintes rosados o rojizos, mientras que los minerales oscuros pueden darle una apariencia gris a gris oscuro. Ocasionalmente pueden presentar un aspecto bandeado derivado de la estratificación cruzada inicial de la arenisca (Méndez, J. 2006).

3.3.8 Clasificación triangular para las rocas ígneas

Las clasificaciones de Streckeisen (1965) en Castaño (1994), asumida por la IUGS como diagrama triangular para la clasificación de las rocas ígneas consiste en un doble diagrama ternario realizado en base a cuatro variables. Feldespato alcalino, plagioclasas, cuarzo y su extremo incompatible, los feldespatoides; del mismo quedan excluidas las rocas ultramáficas, con un porcentaje de ferromagnésicos superior al 90% en volumen (mafititas).

Como se puede ver en la figura 3.1 y 3.2, respectivamente, se trata de dos diagramas triangulares unidos por una base común que constituye un diagrama binario para ortosa y plagioclasas (que participan por igual de los dos triángulos), y dos vértices, el cuarzo y los feldespatoides (incompatibles entre sí). En él tienen cabida tanto las rocas plutónicas (asimilaremos este término a rocas de grano grueso, intrusivas o de consolidación lenta) como las rocas volcánicas (rocas de grano fino, extrusivas o de consolidación rápida), (Castaño, 1994).

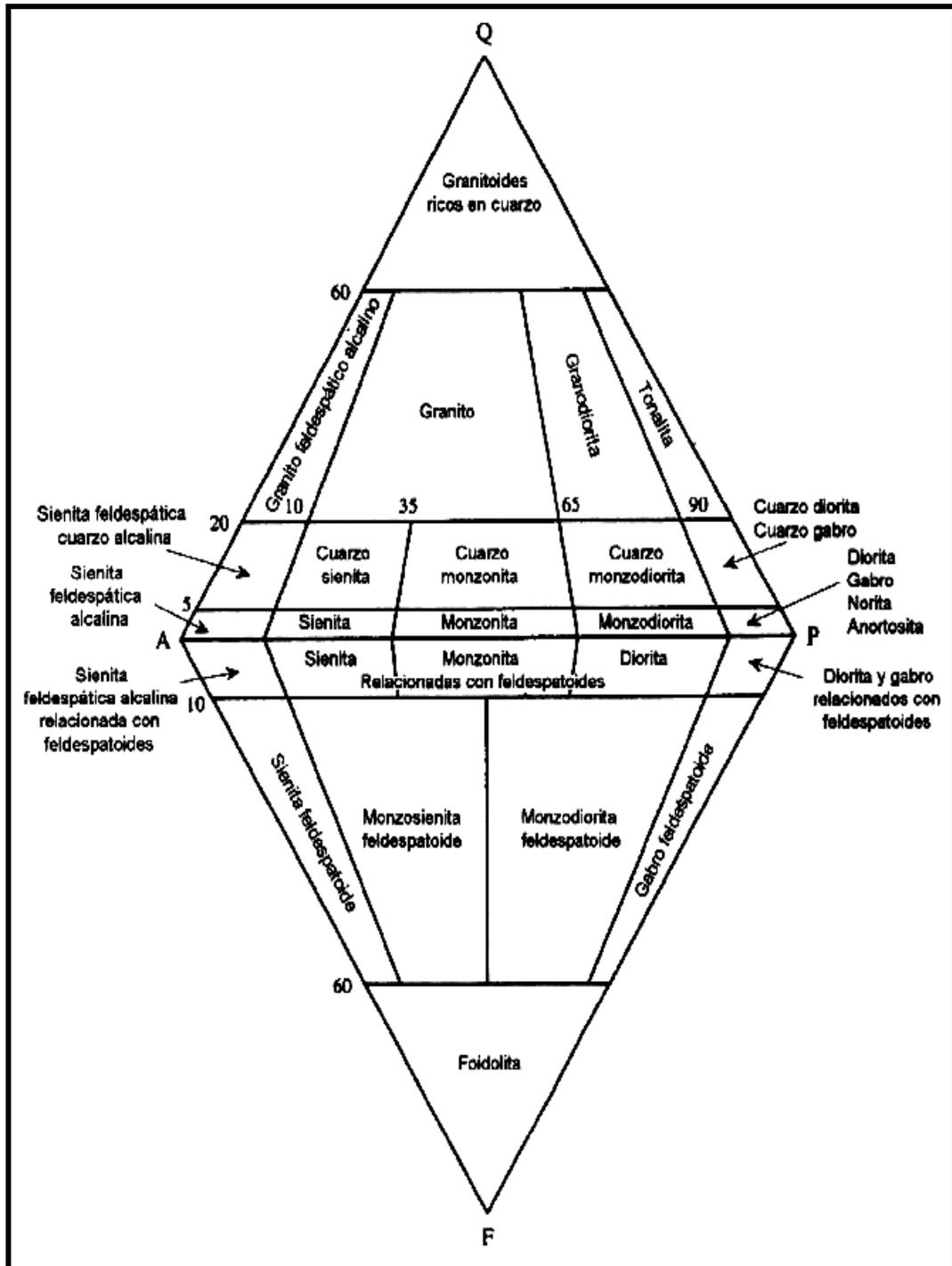


Figura 3.1 Clasificación IUGS de acuerdo al diagrama QAPF para las distintas rocas plutónicas (faneríticas), Méndez, J. (2006).

3.3.8.1 Uso del triángulo de Streckeisen: como se puede observar en la figura 3.3 para la presentación de una roca magmática se debe conocer su contenido mineral modal (Griem y Griem, 2008).

Métodos simples para determinarlo son los siguientes:

- Se determina el contenido cualitativo de la roca identificando todos los minerales microscópicamente visibles y se estima la participación de cada tipo de mineral.
- 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 ejemplo por medio de un 'point counter'), que aparecen en un área definida, por ejemplo de la dimensión 10 x 10 mm.



Figura 3.3 Uso del diagrama de Streckeisen en rocas magmáticas (Griem y Griem, 2008).

3.3.8.2 Parámetros del triángulo doble de Streckeisen: 1) Q: Cuarzo y otros minerales de SiO_2 . 2) A: Feldespato alcalino (feldespato potásico incluido perfito y albita con menos de 5% del componente anortita, sanidina). 3) P: Plagioclasa (An 5 a 100), scapolita. 4) F: Feldespatoideos: leucita, nefelina, sodalita, noseana, hauyina, 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% como se muestra en la figura 3.4 y los resultados se presentan 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 (Griem y Griem, 2008).

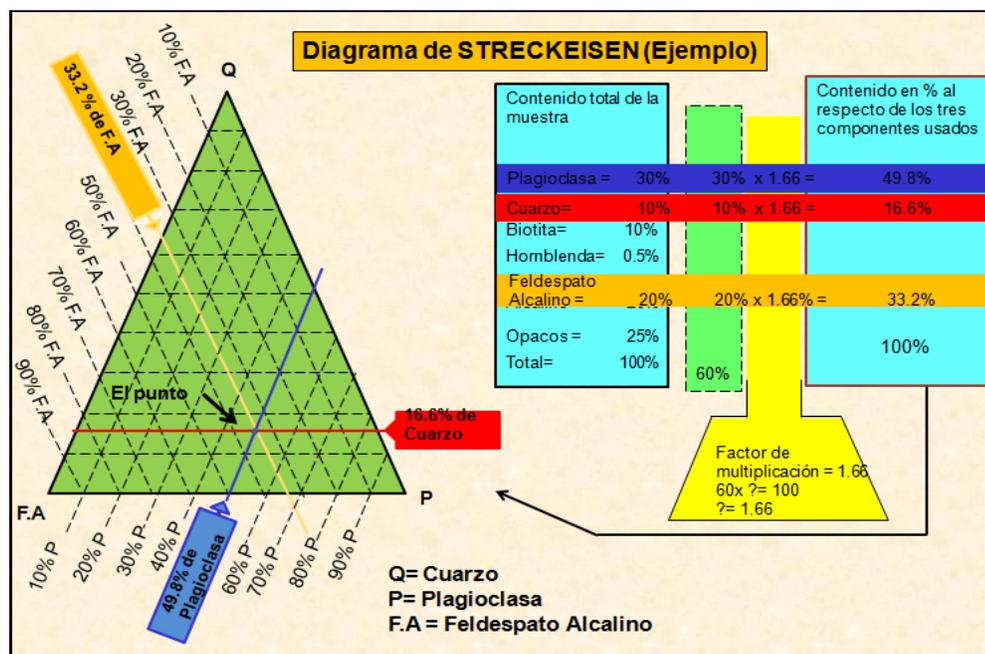


Figura 3.4 Clasificación de una roca magmática usando los porcentajes de Q, P y F.A respectivamente (Griem y Griem, 2008).

3.3.9 Criterio de Clasificación: saturación en Al_2O_3

Después de la sílice, la alúmina es el segundo componente más abundante en las rocas ígneas y los feldespatos, en general, son los minerales más abundantes de las rocas ígneas. Así, esta clasificación en saturación de alúmina está basada en la existencia o no de aluminio para hacer aparecer los feldespatos. Como se muestra en la tabla 3.1 tres condiciones posibles pueden existir (Méndez, J. 2006).

Tabla 3.1 Criterio de Clasificación, saturación en Al_2O_3 (Méndez, J. 2006).

Saturación en Alúmina	Tipo de roca	Expresión química
Subsaturadas en alúmina (Al_2O_3) y sobresaturadas con álcalis ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)	Peralcalinas	$\text{Al}_2\text{O}_3 < \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$
Saturadas en alúmina	Metalumínicas	$\text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ Pero $\text{Al}_2\text{O}_3 < (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$
Sobresaturada en alúmina	Peralumínica	$\text{Al}_2\text{O}_3 > (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$

Una de las clasificaciones químicas básicas de los granitos está relacionada con la relación molar Al_2O_3 , $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, y CaO , de esto se desprende lo siguiente:

- 1. Granitos peralcalinos** son aquellos en los cuales $\text{Al}_2\text{O}_3 < \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$. Este criterio indica que no hay suficiente alúmina para desarrollar feldespatos de los álcalis y que un mineral alcalino diferente de albita u ortoclasa debe ser calculado dentro de la normativa. Este mineral es acmita ($\text{NaFe}^{3+}\text{Si}_2\text{O}_6$). En presencia de agua, puede ser un anfíbol relacionado con sodio.
- 2. Granitos peralumínicos** con $\text{Al}_2\text{O}_3 > (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$. Esto resulta en una normativa aluminica en exceso, al grado de la normativa corindón. Como el

corindón no coexiste con el cuarzo en el granito, el granito aluminico se encuentra con moscovita (típicamente), granate o cordierita.

3. Granito Metalumínicos o normales con $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO} > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$. Esto resulta en los granitos típicos con biotita u hornblenda (Méndez, J. 2006).

Una de las evidencias más fuertes de fusión de rocas metasedimentarias son los granitos peraluminico, aun cuando existen escenarios para la generación de granitos peraluminico a través de procesos diferentes a los considerados donde se relaciona directamente la fusión de rocas metamórficas pelíticas. Los granitos se han dividido en tres tipos en relación a sus características químicas y al ambiente tectónico de formación tabla 3.2.

Tabla 3.2 Tipos de granitos en relación a sus características químicas y al ambiente tectónico de formación (Méndez, J. 2006).

Características generales de los tipos de granitos			
Granito	Ambiente tectónico	Características químicas	Minerales accesorios típicos
Tipo S	Orogénico	Metalumínico a altamente peraluminico. Alto O^{18-} O^{16} , y alto $\text{Sr}^{87} - \text{Sr}^{86}$	Moscovita, granate, cordierita, turmalina.
Tipo I	Orogénico	Metalumínico	Biotita, hornblenda
Tipo A	Anorogénico	Metalumínico a medianamente peralcalino; Fe- enriquecido.	Fe- biotita, Na- anfíbol, Na- Piroxeno, hedenbergita, fayalita, titanita.

Granito Tipo S, se origina de la fusión (o tal vez, ultrametamorfismo) de rocas sedimentarias y metasedimentarias de la corteza (anatexia), más que de una fuente ígnea, en zonas relacionadas con procesos de subducción. Estos granitos incluyen

peraluminicos ($Al_2O_3 > Na_2O + K_2O$). Esta condición mineralógica esta expresada por la presencia de minerales peraluminicos, comúnmente moscovita. Aun cuando muchas rocas sedimentarias están enriquecidas en Al_2O_3 , la meteorización química les imprime una condición peraluminica (Méndez, J. 2006).

Granito Tipo I, se deriva de un ultrametamorfismo y fusión de una roca ígnea original. Por lo tanto implica: formación de la roca ígnea inicial, seguida de ultrametamorfismo, y finalmente fusión. Estos granitos pueden ser indiferenciables de los granitos originados de magmas félsicos derivados por fraccionamiento de un magma máfico parental. Los granitos clásicos Tipo I son generalmente Metaluminicos. Los granitos peralcalinos poseen, aparentemente, una fuente ígnea a través del fraccionamiento, más que de fusión de la corteza, como es el caso de los granitos Tipo I (Méndez, J. 2006).

Granito Tipo A esta relacionado con un granito anorogénico, indicando que no está originado por procesos de subducción o procesos en placas convergentes. Se estima que se crean de la fusión de residuos derivados de episodios de fusión primarios. Son metaluminicos, medianamente peralcalinos o peralcalinos (Méndez, J. 2006).

Anatexis es la fusión de rocas preexistentes (Cinturones orogénicos de zonas de subducción). También relacionado con procesos metamórficos de alto grado donde las rocas profundas de la corteza se funden y forman un nuevo magma (Méndez, J. 2006).

3.3.10 Clasificación en base a la alcalinidad

Las rocas ígneas se pueden dividir en base a la alcalinidad ($Na_2O + K_2O$) en rocas alcalinas y rocas subalcalinas. Este criterio se basa en la relación álcalis con

respecto a la sílice (Figura 3.5). Las rocas alcalinas no deben ser confundidas con las rocas peralcalinas y, aun cuando la mayor parte de las peralcalinas son también alcalinas, las rocas alcalinas no necesariamente son peralcalinas (Méndez, J. 2006).

La serie alcalina es compleja y poco frecuente. Esta serie es típica de ambientes intraplaca, tanto oceánicos como continentales (Whitten y Brooks, 1972).

Se conocen dos series del tipo subalcalina diferenciadas por la variabilidad de los componentes principales durante el fraccionamiento del magma (MgO, FeO y $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$), que contienen una asociación volcánica más común: Basalto-Andesita-Dacita-Riolita o la asociación típica intrusiva de Gabro-Diorita-Granodiorita-Granito. Estas series se definen como tholeíticas (o de Fenner) y calco-alcalinas (Méndez, J. 2006).

3.3.11 Relación FeO/MgO versus SiO₂

Típicamente desde el punto de vista composicional, los magmas han sido subdivididos en tres series: tholeíticos, calco-alcalinos y alcalinos. Cada serie tiene un rango composicional desde basalto a riolita. Según Gill (1981) en Toselli (2010), dos diagramas pueden ser usados para subdividir las composiciones de los magmas: K_2O vs. SiO_2 y FeO^*/MgO vs. SiO_2 .

La serie tholeítica es la más monótona y extensa. Las dorsales y los fondos oceánicos están formados por basaltos, sin apenas diferenciación, de lo que se deduce la pequeña profundidad de formación (Whitten y Brooks, 1972).

La serie calco-alcalina domina en los márgenes convergentes y en los arcos de islas (Méndez, J. 2006).

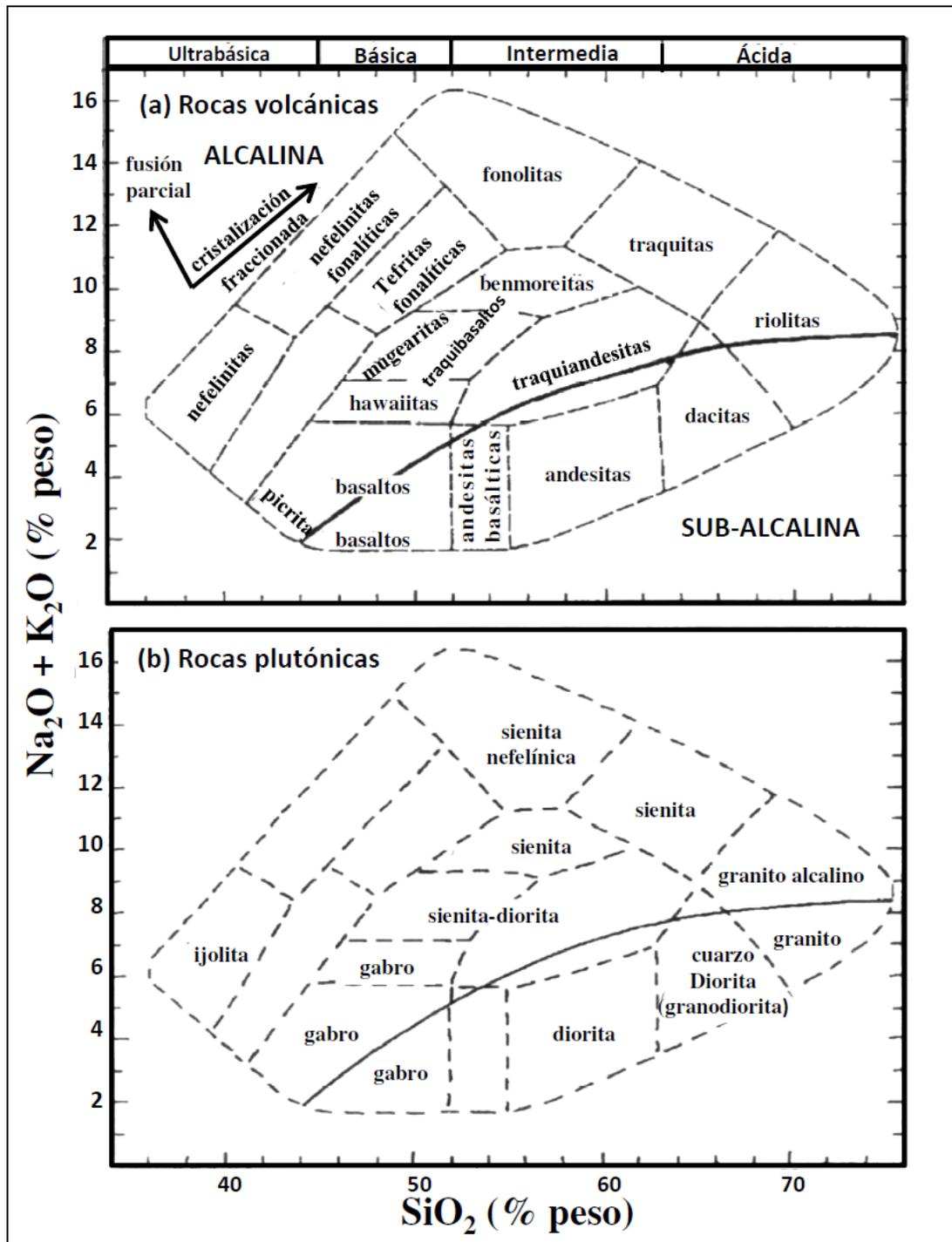


Figura 3.5 Relación de peso entre $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ con respecto a SiO_2 (Wilson, 1989) tomado de Méndez, J. (2006).

La serie tholeítica predomina en las dorsales oceánicas, puntos calientes, rift continentales y Provincias basálticas continentales. También se encuentran en los márgenes convergentes y arcos de islas durante la etapa inicial de formación de estos ambientes tectónicos (Méndez, J. 2006).

La serie calco-alcalina no proviene claramente de un magma primario. Existe una convergencia evolutiva entre la serie alcalina y calco-alcalina, cuyos extremos diferenciados son, en los dos casos, graníticos (Whitten y Brooks, 1972).

La discriminación calco-alcalina versus tholeítica, se observa en la figura 3.6 siendo ésta el Diagrama de variación de FeO/ MgO versus SiO₂ Miyashiro (1975).

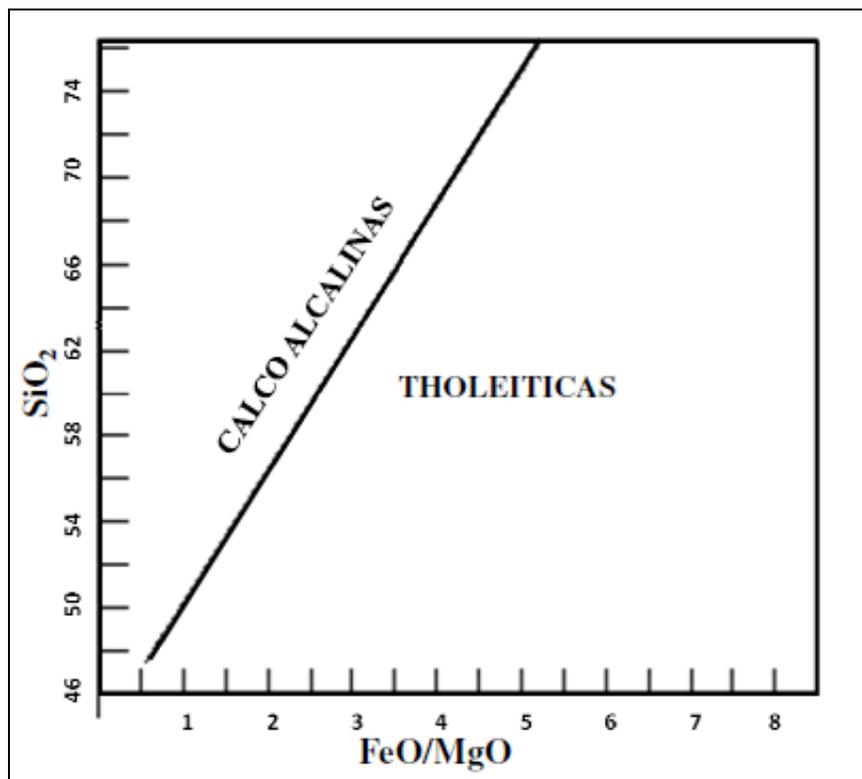


Figura 3.6 Relación FeO/MgO versus SiO₂, Miyashiro (1975) tomado de Mendoza, V. (2012).

3.3.12 Tipos de Corteza

Se distinguen tres tipos de corteza, según su composición y antigüedad (Mendoza, V. 2012), a saber:

- a) Corteza Primaria: se empezó a formar desde el comienzo del sistema solar. Por colisión meteórica, fusión parcial y diferenciación, se produjeron magmas ricos en plagioclasas, que por su menor densidad ascendieron rápidamente, dejando atrás fundidos y residuos de más alta densidad, originando las anortositas.
- b) Corteza Secundaria: Se formó cuando suficiente energía, procedente del enfriamiento del planeta Tierra y de la acumulación de elementos radiactivos incompatibles, produjeron fusión parcial del manto, que conllevó a la erupción de lavas basálticas y comatiíticas.
- c) Corteza Terciaria: Cuando las cortezas anteriores son regresadas al manto por procesos de tectónica de placas, en las zonas de subducción se produce una fusión parcial de las mismas en la cuña del manto, encima de tal zona de subducción y por debajo del borde continental activo, originándose las rocas graníticas que evolucionan en el tiempo de TTG (tonalita-trondjemitas-granodioritas, de 2.7 Ga o más antiguas) a granitos potásicos y ultrapotásicos. Estas rocas por su baja densidad, no regresan al manto, no son recicladas, pero la erosión y el metamorfismo se encargan de alterarlas y disminuirlas.

3.3.13 Diagrama de discriminación tectónica

Pearce *et al.* (1975) en Vallejo D., Salazar A. y Toro L. (2011), propusieron el diagrama $\text{TiO}_2\text{-K}_2\text{O-P}_2\text{O}_5$ para discriminar entre rocas producidas en ambientes oceánicos y continentales. Las rocas que se proyectan en el campo oceánico incluyen las rocas de dorsales y las formadas en arcos de isla (Figura 3.7)

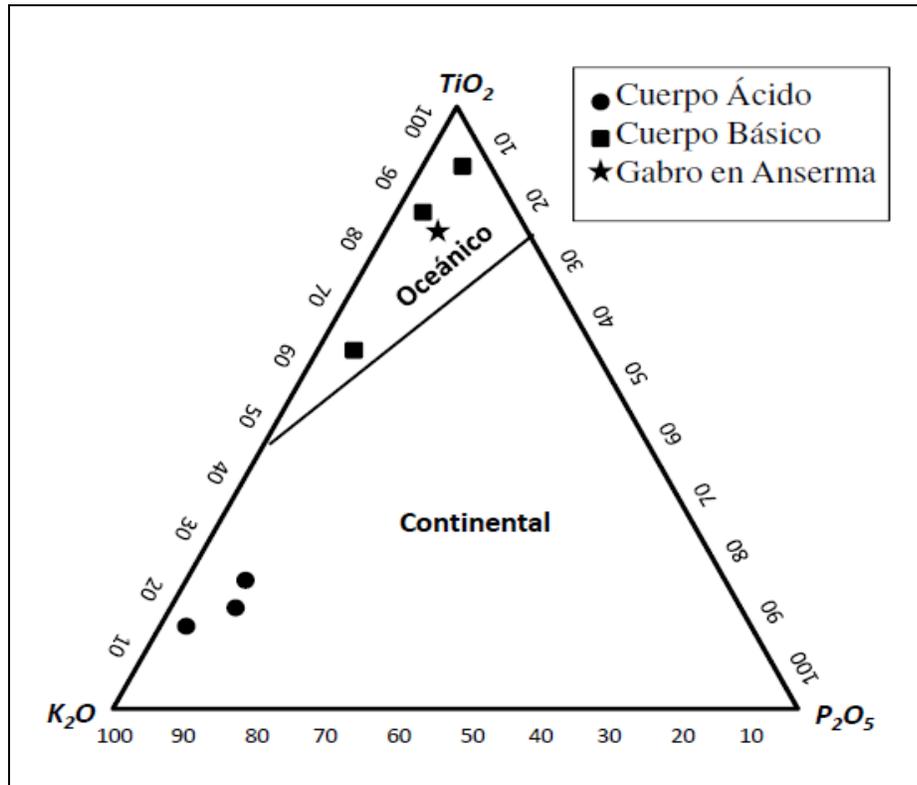


Figura 3.7 Diagrama TiO_2 - K_2O - P_2O_5 (Pearce *et al.* 1975) en Vallejo D., Salazar A. y Toro L. (2011).

3.3.14 Sedimentos y rocas detríticas o clásticas

Los sedimentos y rocas detríticas se derivan de la fragmentación de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias preexistentes. La meteorización y erosión originan fragmentos de rocas y minerales de diversos tamaños. La clasificación y división de las rocas detríticas, también denominadas clásticas, se realiza en base al tamaño del grano y la composición mineralógica principal. Las rocas detríticas están formadas principalmente por cuarzo, feldespato, fragmentos de rocas y minerales de arcilla (Méndez, J. 2006).

3.3.14.1 Redondez: es el grado de curvatura que presentan las aristas y los vértices de un clasto. Los clastos con un alto grado de curvatura son redondeados y los que poseen aristas y vértices agudos son angulosos (Spalletti, L. 2007).

Un método para la determinación de la redondez es mediante la comparación visual con cartillas preestablecidas (Figura 3.8)

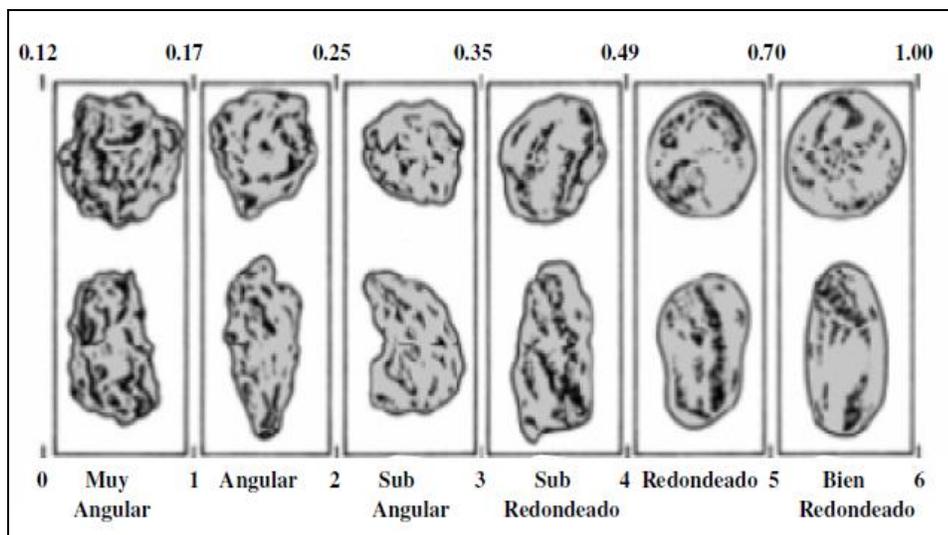


Figura 3.8 Escala utilizada para determinar redondez en las arenas (Powers, 1982) en Spalletti, L. (2007).

3.3.14.2 Índice de madurez textural: la madurez textural de una roca sedimentaria se obtiene mediante la combinación entre la selección granulométrica y la redondez de los clastos (Spalletti, L. 2007) (Figura 3.9)

La determinación de distintos grados de madurez textural se basan en la idea de que durante el transporte el primer material removido corresponde a las arcillas, mejorando, por lo tanto, su selección y que muy posteriormente el resto de las partículas es redondeado por efecto de los procesos químicos y físicos. Sin embargo, es el ambiente de depositación final el que controla la madurez textural.

madurez textural			
Inmaduro	submaduro	maduro	super maduro
abundante matriz	matriz escasa o ausente		
clastos poco seleccionados		clastos bien seleccionados	
clastos angulosos a subredondeados			clastos redondeados
baja	discreta	alta	muy alta
disipación total de la energía			

Figura 3.9 Grados de madurez textural (Spalletti, L. 2007).

3.3.15 Análisis granulométrico

Consiste en clasificar por tamaño los granos que lo componen. Un análisis de esta clase expresa cuantitativamente las proporciones en peso de las partículas de distintos tamaños que hay en el sedimento. La forma de realizarlo es por medio de una serie de tamices que definen el tamaño de las partículas (Fuentes D. y Chollett, 1979).

3.3.16 Normas COVENIN 277 – año 1992

La Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) es un organismo creado en el año 1958, mediante el decreto presidencial N°501 y cuya misión es planificar, coordinar y llevar adelante las actividades de normalización y certificación de calidad en el país al mismo tiempo que sirve al estado venezolano y al ministerio de producción y comercio en particular, como órgano asesor en esta materia (Norma 2000-87).

3.3.16.1 Especificaciones de la norma COVENIN 277-92 para granulometría: la granulometría determinada según la norma Venezolana COVENIN - 255 debe estar comprendida entre los límites que se indican en la tabla 3.3, de la norma COVENIN 277 – 92.

Tabla 3.3 Rango de la Norma COVENIN

<i>Cedazos (COVENIN 258)</i>	<i>PORCENTAJE PASANTE</i>
9,510 mm (3/8)	100
4,760 mm (N°4)	85-100
2,380 mm (N°8)	60-95
1,190 mm (N°16)	40-80
0,590 mm (N°30)	20-60
0,290 mm (N°50)	8-30
0,149 mm (N°100)	2-10
0,074 mm (N°200)	0-5

3.3.17 Coeficiente de Escogimiento (So)

El Coeficiente de Escogimiento indica la distribución de partículas a cada lado del diámetro medio, es decir, el grado de uniformidad de los granos (Figura 3.10). De una manera general, el coeficiente de escogimiento mide la desviación de los cuartiles con respecto al diámetro medio, si los cuartiles están cerca del diámetro medio, el sedimento está bien escogido, en caso contrario, lo está pobremente escogido (García, 1965).

El Coeficiente de Escogimiento es definido por la fórmula:

$$S_o = \sqrt{Q_3 / Q_1} \quad \begin{array}{l} Q_1 = \text{Cuartil 1} \\ Q_3 = \text{Cuartil 3} \\ Q_3 > Q_1 \end{array}$$

Figura 3.10 Coeficiente de Escogimiento
(García, 1965).

De esta fórmula se desprende que a medida que Q_3 se aproxima a Q_1 , el coeficiente se acerca a la unidad y mientras más próximo a esta, mejor escogido será el sedimento (García, 1965).

Según Trask (1968) en Cornieles y Pérez (2000) un valor de S_o menor de 2.5 indica un sedimento bien escogido, mientras que un valor de 3.0 es normal, y un valor mayor de 4.5 indica un sedimento mal escogido.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

En este capítulo se reseñan las técnicas utilizadas para la ejecución secuencial de los objetivos propuestos para realizar el presente trabajo.

4.1 Nivel de investigación

La investigación fue orientada hacia un nivel descriptivo ya que recopila información de manera directa describiendo los procesos observables en campo con la finalidad de generar información útil para realizar la evaluación geológica de la zona.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño es de tipo documental y de campo, para conseguir los objetivos trazados, permitiendo de esta manera conocer los parámetros mínimos necesarios para lograr su veracidad y aportar un punto de vista alternativo para desarrollar nuevas investigaciones a futuro.

La ejecución del trabajo se dividió en tres etapas, las cuales corresponden a una etapa de oficina preliminar, la etapa de campo o recolección de información y finalmente la etapa de laboratorio y oficina (Figura 4.1).

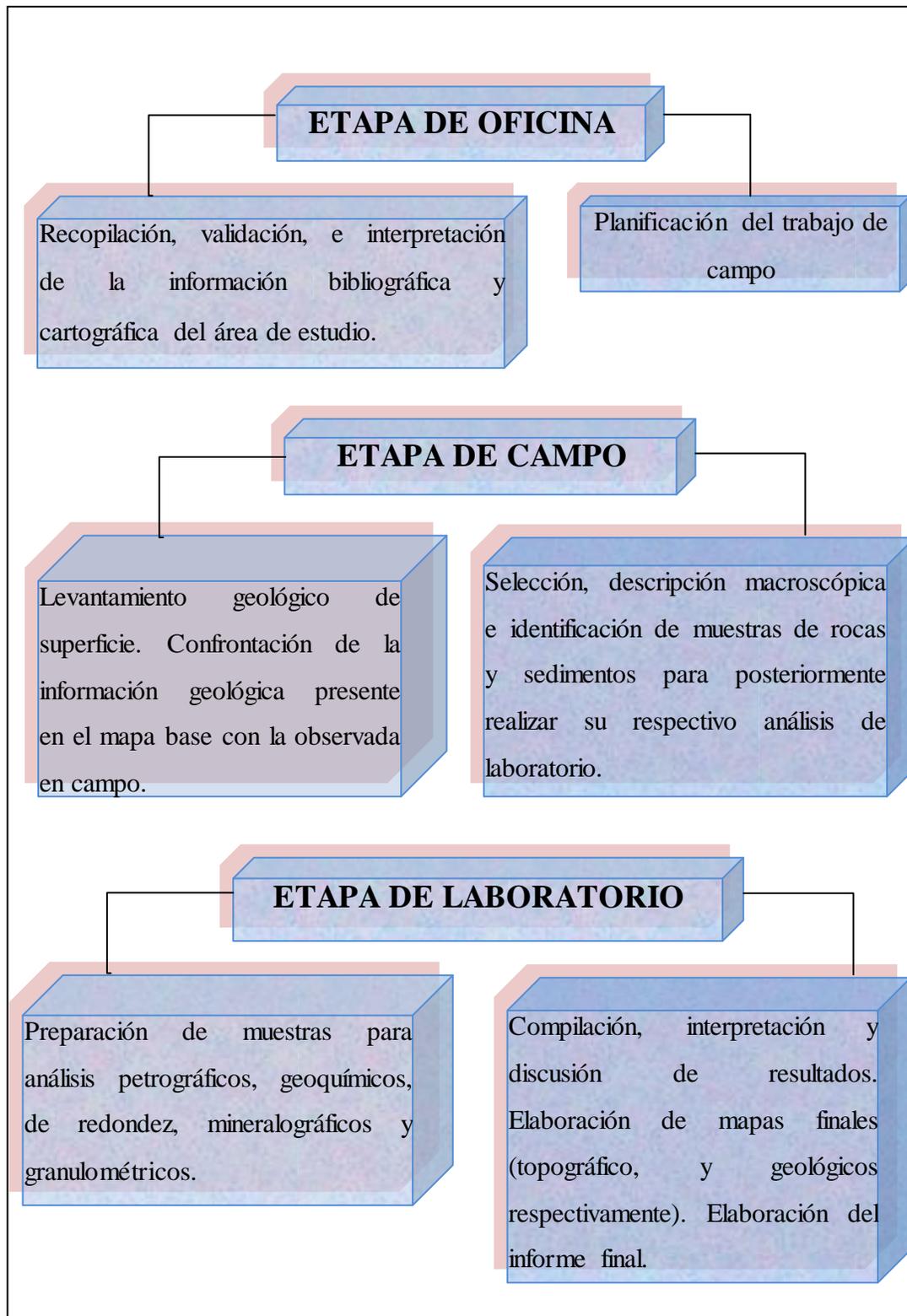


Figura 4.1 Flujograma metodológico.

4.3 Etapa de oficina

En esta etapa se planificó la visita al sitio de trabajo, además se cuantificó y calificó la información previa necesaria a dicha visita, de igual manera la logística para cumplir con los objetivos trazados.

4.3.1 Recopilación y validación de la información

El primer procedimiento llevado a cabo para recabar la información necesaria consistió en una revisión bibliográfica de trabajos realizados sobre el Complejo de Imataca, también se revisaron informes de avances, publicaciones sobre la región, además se contó con información disponible en páginas de internet.

El material cartográfico que se consideró fue el mapa de Cartografía Nacional, ahora Instituto Geográfico Simón Bolívar de Venezuela, a escala 1:100.000, Hoja Marhuanta N°7540, que fue suministrado por la Geóloga Niya Murillo analista de INGEOMIN (Instituto de Geología y minería), sede Ciudad Bolívar.

Esta primera etapa del trabajo es muy importante porque permitió afianzar los conocimientos referentes a la geología del área de estudio.

4.3.2 Planificación del trabajo de campo

Se definió la técnica y se elaboró un listado de los instrumentos a emplear en el trabajo de campo.

Técnicas: Observación directa y recolección de información en campo y su posterior análisis.

Instrumentos: libros de texto, mapas, libreta de campo, lápices, GPS, Cámara fotográfica, brújula, cinta métrica, piqueta, machete, martillo de 3Kg, marcador, sacos.

4.4 Etapa de campo

Esta fase consistió en una serie de pasos como son: levantamiento geológico de superficie y recolección de muestras; fue realizado en el Kilómetro 11 y km 40 de la autopista Ciudad Bolívar- Puerto. Ordaz, en una unidad de transporte perteneciente a la Universidad de Oriente, conjuntamente con la gira académica del profesor Miguel Gómez en las secciones dos (02) y tres (03) de Petrología (Figura 4.2). Luego de esto se realizaron varias visitas con el fin de complementar la información en un vehículo particular (Figura 4.3).

4.4.1 Levantamiento geológico de superficie

Durante la etapa de campo se efectuó el levantamiento geológico de superficie del área recorriendo y describiendo el afloramiento rocoso. Se midieron las estructuras de origen mecánico tales como pliegues, y rumbo de la foliación mediante el uso de una brújula Azimutal. A través del uso de un GPS Navegador se tomaron las coordenadas del área para ubicarla en la cartografía correspondiente. En cada una de las etapas se tomaron fotografías que respaldaran lo descrito anteriormente (Figura 4.4).



Figura 4.2 Gira académica de Petrología, sección (03), parada en el Cerro Los Udistas.



Figura 4.3 Vehículo particular utilizado para realizar las visitas a campo.



Figura 4.4 Uso de la brújula para medir las direcciones de las diaclasas en las Cuarcitas ferruginosas.

4.4.2 Recolección de muestras

Durante el levantamiento geológico se tomaron muestras de rocas representativas de las diferentes unidades litodémicas; esta recolección se ejecutó de manera aleatoria, tomando como criterio las diferencias en cuanto a características como: el color, la textura, tamaño de grano, entre otras (Figuras 4.5). Cada una de las muestras fue identificada y anotada en la libreta de campo, donde se señaló las características de la roca macroscópicamente, además de, las coordenadas UTM de donde fueron extraídas.

La extracción de dichas muestras se realizó con una mandarina de 4 kilos, percutiendo las paredes del afloramiento y obteniendo bloques correspondientes a 15 muestras que oscilan entre los 2 y 4 kilos de peso, de las cuales solo 5 fueron

analizadas petrográfica y químicamente. Para los ensayos granulométricos se tomó muestras de sedimentos, aproximadamente 1500 grs (Figura 4.6).



Figura 4.5 Toma de muestras de rocas graníticas frescas.



Figura 4.6 Toma de muestra de sedimentos. Suprayacentes a la parte baja del Cerro Los Udistas.

4.5 Etapa de laboratorio

4.5.1 Análisis petrográfico

Lo primero que se debe obtener es la sección delgada (Figura 4.7), para ello se cortó una sección de la roca de 3 mm de espesor, luego se fijó al portaobjetos con bálsamo de Canadá, posteriormente se llevó a la devastadora y se le aplicó un abrasivo de 240, hasta llevarlas a un espesor de 0.03 mm (espesor en el cual pueden observarse los minerales presentes en la roca). Las muestras fueron identificadas con su respectiva nomenclatura.

Una vez preparada la muestra se procede a realizar el análisis petrográfico de la siguiente manera:

1. Primeramente se describe la roca macroscópicamente, se determina la dureza, orientación, tamaño del grano, alteración, fracturas, color, entre otros.
2. Ya obtenida la sección delgada se coloca bajo el microscopio petrográfico, utilizando luz transmitida polarizada; se observa la textura, los minerales y el porcentaje que ocupa respecto a los otros minerales presentes de manera decreciente, colocando entre paréntesis el porcentaje aproximado.
3. Se describe el mineral más abundante colocando el polarizador y analizador en su posición de nicols cruzados con la finalidad de observar en el mineral, características tales como: color, tamaño, estructura, orientación, entre otras.
4. Luego se observa con luz polarizada y nicols paralelos otras características importantes en el mineral, como lo es el pleocroísmo, alteración, tamaño de los cristales.

5. Se coloca el nombre de la roca, esto puede ser consultado con textos donde presente similitud con los caracteres observados en las rocas y por último, se anota en una libreta toda la información observada en el mineral.

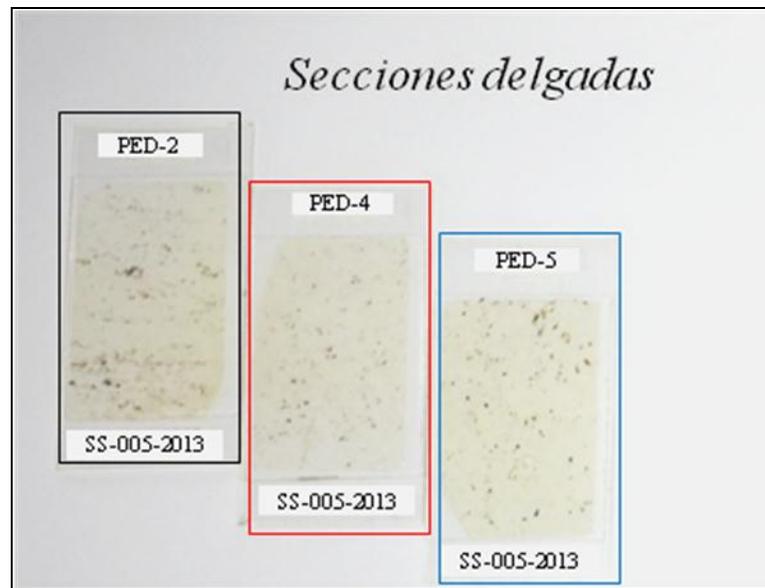


Figura 4.7 Secciones delgadas de las muestras PED-2, PED-4 y PED-5 respectivamente.

4.5.2 Análisis Mineralográficos

Además de la sección petrográfica, se hicieron secciones pulidas con el propósito de obtener mayor información en las muestras que son deleznales, es decir, aquellas que pueden quebrarse o destrozarse con facilidad, en este caso, para las cuarcitas ferruginosas.

4.7.2.1 Materiales y procedimientos para realizar secciones pulidas: Abrasivos N° 120, 320 y 600, bata de laboratorio, lentes especiales, mascarilla anti-gas y anti-polvo, maquina pulidora, agua, óxido de cromo, detergente, paño lino o gamuza. El procedimiento se describe a continuación.

1. Se corta una sección de la roca, con cara paralelas, de aproximadamente 2 cms de espesor x 10 cms de cada lado.
2. Se pasa a una maquina pulidora; En esta parte se utilizan lijas de diferentes tamaños, esto, para eliminar las rugosidades que presente la cara seleccionada para pulir y obtener un mejor acabado. Se comienza humedeciendo el corte de roca en agua, posteriormente se le agrega una pequeña cantidad de abrasivo N° 120 o 320 y se coloca la cara a pulir sobre el disco. Esto debe hacerse hasta que la cara este totalmente pareja y lisa; Se culmina utilizando el abrasivo N° 600.
3. Se procede a lavar minuciosamente la muestra para eliminar los restos de abrasivos; luego se lleva el corte a la pulidora y se lubrica con agua.
5. Se emplea óxido de Cromo o Magnesio para darle brillo a la muestra.
6. Nuevamente se lava muy bien la muestra y se frota suavemente con paño de gamuza o lino para quitar las posibles impregnaciones de óxido que hayan quedado.



Figura 4.8 Secciones pulidas de las muestras PED-1 y PED-3, respectivamente.

4.5.3 Análisis químico

Para realizar el ensayo por absorción atómica se utilizó un Espectrofotómetro de absorción atómica Perkim Elmer. Ms 100 con límite de detección de 0.001 mg/l. El procedimiento se describe a continuación.

1. Se pesa 0.5 gr de la muestra en un crisol de Platino.
2. Luego se agrega 3 grs de Carbonato de Sodio y 1 gr de Borato de Sodio.
3. Se mezcla y posteriormente se funde a 1000°C.
4. Se coloca en un Beaker de 400 ml y se le agrega 100 ml de HCL al 50% hasta disolver la muestra.
5. Filtrar la solución y cubrir el residuo.
6. El residuo se coloca en un crisol de Platino y se calcina, luego se le agrega 5 ml de HF y 1 ml de HNO₃. Posteriormente se calienta suavemente hasta disolver y se transfiere a la solución filtrada anteriormente.
7. Por último se afora a 200 ml en Balón y se determinan las concentraciones de los elementos por Espectrofotometría de Absorción Atómica.

4.5.4 Análisis granulométricos

Los análisis granulométricos se realizaron por el método mecánico, con la utilización de los tamices N° 1 1/2", 3/4", 3/8", 4, 16, 30, 50, 100, 200. Determinando los porcentajes pasantes del total de la muestra. El procedimiento se describe a continuación.

1. Se toma 800 grs de la muestra de sedimentos.
2. Se vacía sobre una bolsa plástica y se limpia cuidadosamente.
3. Se reduce la cantidad de material por el método de cuarteo.

4. Con la ayuda de la balanza se pesan 500 grs del material en un vaso precipitado, previamente pesado.
5. Se pesan los tamices por separado.
6. Posteriormente se coloca el material en la parte superior de los tamices que deben estar limpios previamente y ordenados de forma decreciente.
7. A continuación se procede a colocar el juego de tamices bien cerrados en el Rotap durante un tiempo aproximado de 15 minutos.
8. Se retiran los tamices de la maquina; se procede a pesar cada uno de los tamices por separado, esto con la finalidad de obtener el peso del tamiz más la cantidad del material retenido en cada uno de ellos.
9. Finalmente se anotan los resultados y se realizan los cálculos y gráficas correspondientes.

4.5.5 Determinación del grado de redondez

Para este ensayo se realizó nuevamente un proceso de tamizado similar al de los análisis granulométricos; sin embargo, fue necesario utilizar un juego de tamices de diámetros diferentes a los anteriores (N° 10, 18, 35, 60, 120, 230, Pan), esto para poder obtener las partículas retenidas en el tamiz # 35 que son, en este caso, 80 grs del material.

Una vez realizado el proceso de tamizado se procede a colocar el material sobre una placa de vidrio, para poder observarlo bajo el microscopio; seguidamente se realiza el conteo de partículas y finalmente se clasifican, de acuerdo a la escala de Powers (1982), para definir la morfología del material.

4.6 Etapa de oficina

Una vez obtenidos los análisis de laboratorio se procede a la revisión detallada de los mismos con el fin de buscar posibles errores en los resultados de manera tal que al momento de hacer los cálculos o usos de programas especializados, no se cometa algún error al incluir valores erróneos.

4.6.1 Elaboración de mapa topográfico y de ubicación de muestras

El Anexo 1/3 es contentivo de los puntos exactos de muestreo y de las curvas de nivel que indican las diferentes elevaciones y depresiones del terreno; Así como también gran parte de la hidrología del área de estudio.

La ubicación de cada punto de muestreo en el campo, fue determinada mediante el uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), tomando como base la Hoja Marhuanta N°7540, escala 1:100.000 de Cartografía Nacional, la cual fue digitalizada y actualizada por los autores.

4.6.2 Elaboración del mapa geológico

Para ambas zonas de estudio se realizó un mapa geológico por separado y se utilizó el programa Google Earth y Auto Cad asistido por computadora; En este caso se procedió a escanear el mapa a escala 1:100.000 de la hoja de Cartografía Nacional N° 7540, ajustando las Coordenadas UTM respectivas a un punto que coincida con el plano cartográfico. Se contornearon las partes de relieves elevados identificándose las diferentes unidades litológicas presente; La degradación de colores se represento de forma arbitraria en semejanza a lo observado en campo (Anexo 2/3) y (Anexo 3/3).

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Ubicación e identificación de las muestras

En el Kilómetro 11 y el Cerro Los Udistas se tomaron un total de seis (6) muestras, a las cuales se les asignó una nomenclatura relacionada con el nombre de uno de los autores de este trabajo, y el número representa el orden en el que fueron tomadas; La tabla 5.1 es contentiva de la identificación y ubicación de las muestras mediante el HUSO 20 del esferoide internacional (Figura 5.1).

Tabla 5.1 Ubicación e identificación de muestras.

MUESTRA	UBICACIÓN	COORDENADAS UTM-REGVEN	TIPO DE ANÁLISIS
PED-1 Cuarcita ferruginosa	KM.11	N-895738 E-450808	Mineralográfico
PED-2 Gneis Granítico	KM.11	N-895590 E-450929	Petrográfico Químico
PED-3 Cuarcita ferruginosa	KM.39	N-904767 E-476230	Mineralográfico
PED-4 Gneis Granítico	KM.11	N-895524 E-451022	Petrográfico
PED-5 Monzogranito	KM.40	N-905079 E-478720	Petrográfico Químico
PED-6 Sedimentos	KM. 39	N- 904774 E- 476180	Granulométrico



Figura 5.1 Imagen de la zona de estudio y ubicación de los diferentes puntos de muestreo. Tomada de Google Earth, Image Landsat 04/10/2013.

5.2 Análisis petrográficos

Los análisis petrográficos se realizaron en las instalaciones del Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN).

5.2.1 Muestra PED-2

5.2.1.1 Descripción macroscópica: en muestra de mano es una roca dura, homogénea, con orientación mineral, de grano medio a fino, color rosado grisáceo claro con partes negras micáceas brillantes (Figura 5.2). Está constituida por feldespato potásico, mica biotita, cuarzo y plagioclasas. Presenta una textura gnéisica. Será graficada en el triángulo de Streckeisen para clasificarla con mayor exactitud.



Figura 5.2 Muestra PED-2.

5.2.1.2 Descripción microscópica: al microscopio se observa textura granolepidoblástica inequigranular interlobulada, formada por cristales xenoblásticos

de feldespato tipo Microclino (7%) y Microclino Pertítico (40%) de tamaño medio a fino, con inclusiones de cristales tabulares de tamaño fino a medio, orientados de Biotita (4%) y minerales accesorios como los Óxidos e Hidróxidos, Moscovita, Circón y Esfena (2%); Otro mineral presente es el Cuarzo (37%) que se distingue en cristales xenoblásticos de tamaño medio a fino orientados, alargados, con extinción ondulante. Hay además una proporción de cristales xenoblásticos, escasos hipidioblasticos, de tamaño fino de Plagioclasa de tipo Oligoclasa (10%) (Figura 5.3).

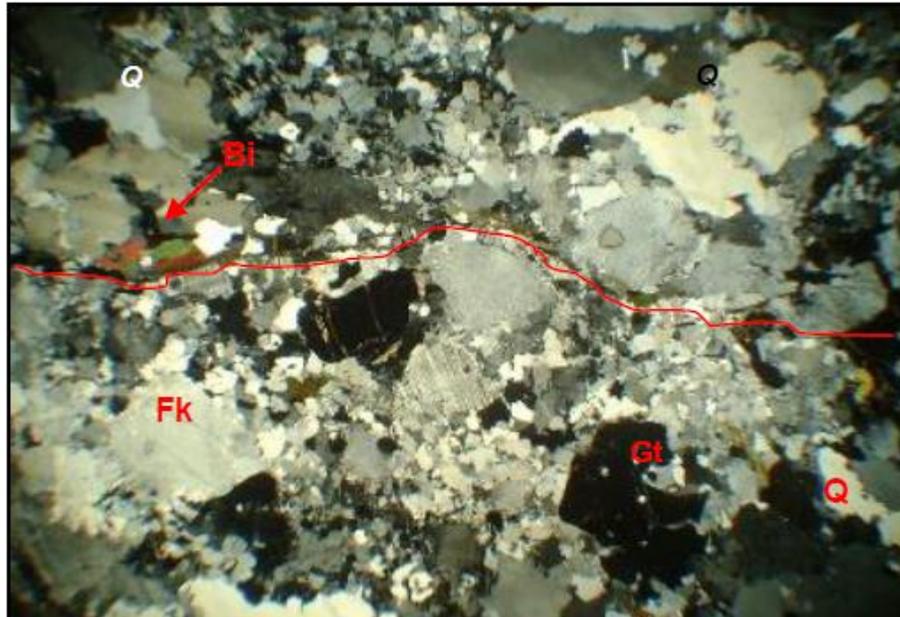


Figura 5.3 Fotomicrografía de la muestra PED-2.

En la tabla 5.2 se muestra la composición mineral de la muestra PED-2 y el recálculo en base al 100% de los parámetros que se consideran al ubicar dicha muestra en el triángulo de Streckeisen, como lo son: Cuarzo (Q), Alcalinos (A), Plagioclasas (P).

Tabla 5.2 Composición mineralógica y recálculo en base al 100% de los minerales de la muestra PED-2.

Mineralogía		Parámetros utilizados en el Triángulo de Streckeisen		Recálculo	
<i>Microclino Pertítico</i>	40%	A	47%	47/94*100	50%
<i>Microclino</i>	7%				
<i>Cuarzo</i>	37%	Q	37%	37/94*100	39.3%
<i>Oligoclasa</i>	10%	P	10%	10/94*100	10,6%
<i>Mica Biotita</i>	4%	-	-	-	-
<i>Minerales accesorios</i>	2%	-	-	-	-
	$\Sigma= 100\%$		$\Sigma= 94\%$		$\Sigma=99,9\%$

5.2.2 Muestra PED-4

5.2.2.1 Descripción macroscópica: en muestra de mano es una roca dura, homogénea, con orientación mineral, de grano medio a fino ($\geq 2\text{mm}$), escasos gruesos, en general es de color rosado, con tonos negros algo micáceos (Figura 5.4). Constituida principalmente por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas y mica biotita. Será graficada en el triángulo de Streckeisen para definirla con mayor precisión.

5.2.2.2 Descripción microscópica: al microscopio, presenta textura holocristalina alotriomórfica inequigranular con cristales anhedrales de tamaño medio de feldespato potásico tipo Microclino Pertítico (30%) y Microclino (15%), estos, a su vez, están bordeados por Biotita (3%); también se observó agregados granulares de Esfena y Minerales opacos (2%), (Figura 5.5).



Figura 5.4 Muestra PED-4.

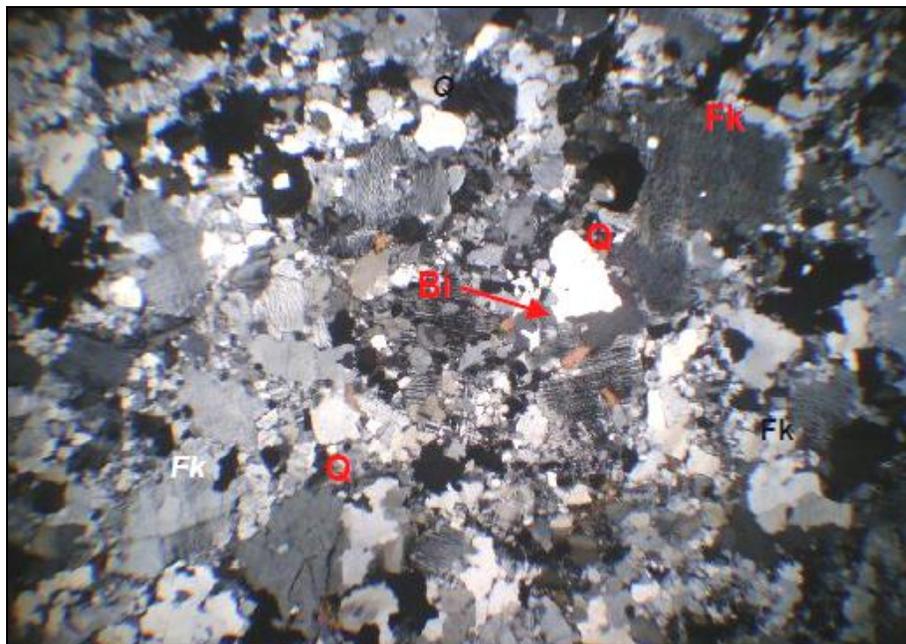


Figura 5.5 Fotomicrografía de la muestra PED-4.

En la tabla 5.3 se muestra la composición mineral de la muestra PED-4 y el recálculo en base al 100% de los parámetros que se consideran al ubicar dicha muestra en el triángulo de Streckeisen, como lo son: Cuarzo (Q), Alcalinos (A), Plagioclasas (P).

Tabla 5.3 Composición mineralógica y recálculo en base al 100% de los minerales de la muestra PED-4.

Mineralogía		Parámetros utilizados en el Triángulo de Streckeisen		Recálculo	
<i>Microclino Pertítico</i>	30%	A	45%	45/95*100	47.3%
<i>Microclino</i>	15%				
<i>Cuarzo</i>	35%	Q	35%	35/95*100	36.8%
<i>Oligoclasea</i>	15%	P	15%	15/95*100	15.7%
<i>Mica Biotita</i>	3%	-	-	-	-
<i>Esfena y minerales opacos</i>	2%	-	-	-	-
	$\Sigma = 100\%$		$\Sigma = 95\%$		$\Sigma = 99.8\%$

5.2.3 Muestra PED-5

5.2.3.1 Descripción macroscópica: en muestra de mano es una roca dura, fresca, homogénea, de grano medio a fino, escasos gruesos, de color gris oscuro verdoso con tonos amarillentos (Figura 5.6). Se graficará en el triángulo de Streckeisen para definirla con mayor exactitud.



Figura 5.6 Muestra PED-5.

5.2.3.2 Descripción microscópica: al microscopio, presenta textura alotriomórfica inequigranular, definida por cristales subhedrales a anhedrales de tamaño medio, algunos muy gruesos, con escasos finos de Plagioclasa tipo Oligoclasa (41%). Hay entrecrecimiento mirmequítico que invade a los cristales de Feldespato tipo Microclino (12%) y Microclino Pertítico (15%) siendo estos anhedrales, de tamaño variable de fino hasta grueso, con contactos irregulares. Se distinguen cristales anhedrales de cuarzo (21%) de tamaño variable, y fracturas con inclusiones de Apatito, Circón y Mica Biotita. La Biotita (7%), por su parte, está en cristales tabulares de tamaño fino a medio, en su mayoría se muestra en paquetes bordeando a los cristales, algunas están ligeramente deformadas, flexuradas, y asociadas a los cristales de Epidota (Figura 5.7).

En la tabla 5.4 se muestra la composición mineral del la muestra PED-5 y el recálculo en base al 100% de los parámetros que se consideran al ubicar dicha

muestra en el triángulo de Streckeisen, como lo son: Cuarzo (Q), Alcalinos (A), Plagioclasas (P).

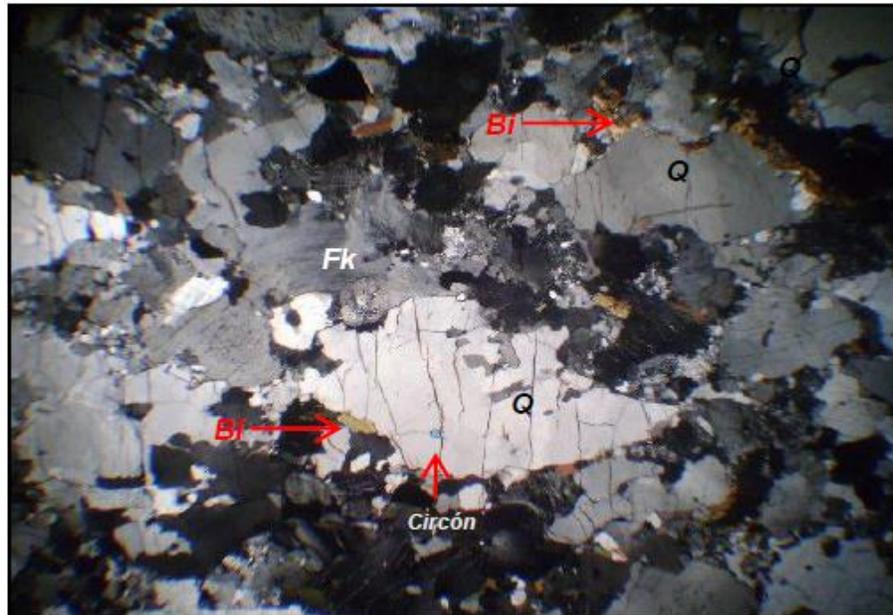


Figura 5.7 Fotomicrografía de la muestra PED-5.

Tabla 5.4 Composición mineralógica y recálculo en base al 100% de los minerales de la muestra PED-5.

Mineralogía		Parámetros utilizados en el triángulo de Streckeisen		Recálculo	
<i>Microclino</i>	15%	A	27%	27/90*100	30%
<i>Pertítico</i>	12%				
<i>Cuarzo</i>	22%	Q	22%	22/90*100	24,4%
<i>Oligoclasa</i>	41%	P	41%	41/90*100	45,5%
<i>Mica Biotita</i>	7%	-	-	-	-
<i>Minerales opacos</i>	3%	-	-	-	-
	$\Sigma = 100\%$		$\Sigma = 90\%$		$\Sigma = 99,9\%$

5.2.4 Ubicación de las muestras en el triángulo de Streckeisen

La figura 5.8 muestra los resultados obtenidos al interceptar los porcentajes de Cuarzo (Q), Alcalinos (A) y Plagioclasa (P) en el diagrama Q.A.P para cada una de las muestras.

De acuerdo con la asociación mineral propuesta por Streckeisen (1972) para rocas plutónicas, los resultados de los análisis petrográficos y las observaciones de campo, se afirma que, las muestras PED-2 y PED-4 son Gneises de composición granítica, mientras que PED-5 es un Monzogranito.

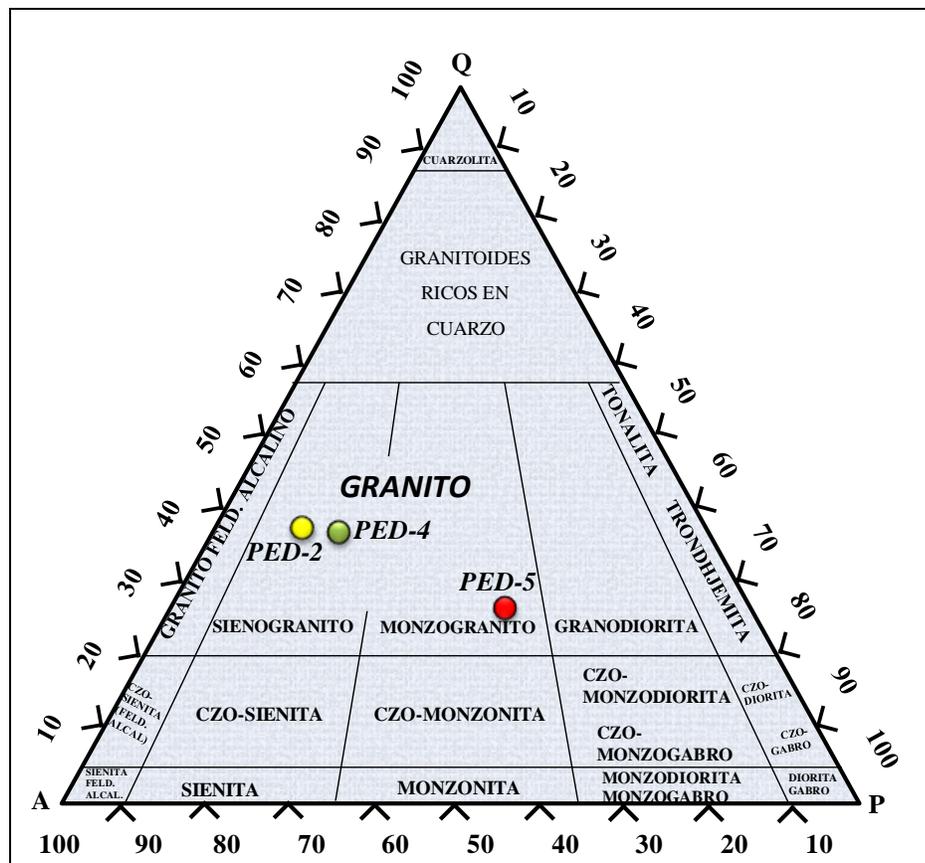


Figura 5.8 Representación gráfica de las muestras PED-2, PED-4 y PED-5 en el diagrama QAP, Streckeisen (1972).

5.3 Análisis Mineralográficos

5.3.1 Muestra PED-1

5.3.1.1 Descripción macroscópica: en muestra de mano es una roca dura, fresca, homogénea, de grano fino con un ligero plegamiento y de color marrón oscuro (Figura 5.9).



Figura 5.9 Muestra PED-1.

5.3.1.2 Descripción microscopía y composicional: en la tabla 5.5 se muestran los porcentajes de los diferentes minerales que componen la muestra PED-1 y a continuación se especificara cada uno de ellos.

Tabla 5.5 Minerales presentes en la muestra PED-1

Minerales	Ganga	Magnetita	Ilmenita	Goethita	Hematita
(%)	55	18	13	10	4

1. Magnetita (Mt) de tamaño variable, el tamaño máximo es de $33,8 \times 40 \mu\text{m}$ y mínimo de $1,57 \times 2,83 \mu\text{m}$, es anhedral, ligeramente orientada, que reemplaza total o parcialmente a la hematita (se le conoce con el nombre Musketovita) y además sustituye a la ilmenita a partir de los bordes.
2. Ilmenita (Il) de tamaño variable, anhedral, se forma a partir de la hematita exhibiendo cuerpos de exsolución lamelar de hematita y además siendo sustituida por la magnetita.
3. Goethita (Gt) de tamaño fino y mayormente medio ($6,92 \times 7,81 \mu\text{m}$), es coloforme, anhedral, porosa, en ocasiones bordea a la magnetita, a veces la sustituye y es ligeramente orientada.
4. Hematita (Hm) de tamaño fino y medio, anhedral, siendo sustituida por la magnetita e ilmenita, dejando escasos cuerpos de exsolución lamelar (Figura 5.10).

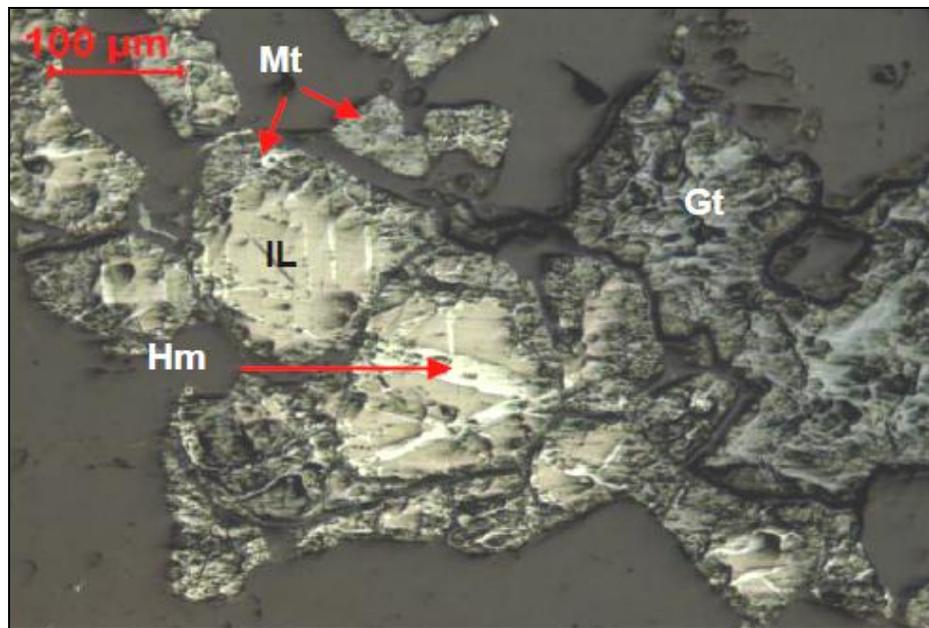


Figura 5.10 Fotomicrografía de la muestra PED-1.

5.3.2 Muestra PED-3

5.3.2.1 Descripción macroscópica: en muestra de mano es una roca fresca, de color gris verdoso, de grano fino presentando inclusiones de cuarzo el cual posiblemente quedo atrapado al momento de la transformación por metamorfismo de la arenisca en cuarcita y por esta razón presenta rasgos de recristalización y una pequeña aureola en sus bordes (Figura 5.11).



Figura 5.11 Muestra PED-3.

5.3.2.2 Descripción microscópica y composicional: al microscopio es similar a la muestra anterior, se diferencia en el aumento del contenido de magnetita, como se observa en la tabla 5.6.

Tabla 5.6 Minerales presentes en la muestra PED-3

Minerales	Ganga	Magnetita	Ilmenita	Goethita	Hematita
(%)	55	25	13	6	1

1. Magnetita (Mt) de tamaño variable, el tamaño máximo es de 5,93 x 15,10 μm y mínimo de 2,36 x 5,82 μm , es anhedral, ligeramente orientada, reemplaza total y parcialmente a la hematita a partir de los bordes (se le conoce con el nombre de Musketovita) y además en ocasiones sustituye a la ilmenita.
2. Ilmenita (IL) de tamaño fino, anhedral, se presenta junto con la hematita y magnetita, mayormente se forma a partir de la hematita exhibiendo cuerpos de exsolución lamelar de hematita.
3. Hematita (Hm) de tamaño fino y medio, anhedral, siendo sustituida por la magnetita, dejando solo cuerpos de exsolución lamelar y restos esqueléticos de hematita.
4. Goethita (Gt) de tamaño fino y algunos medios, coloforme se presenta muy escasa en la muestra (Figura 5.12).

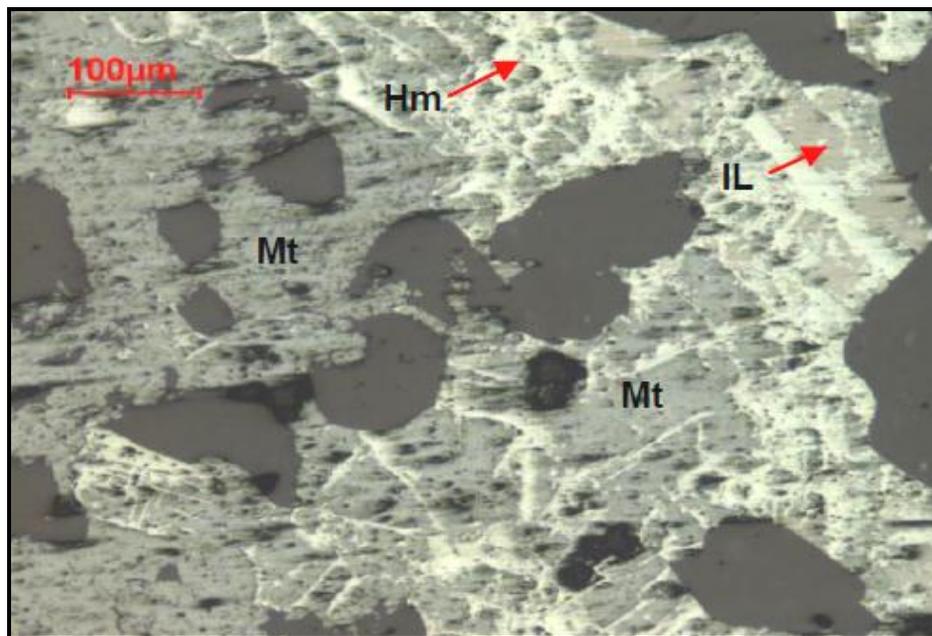


Figura 5.12 Fotomicrografía de la muestra PED-3.

En base a la clasificación de los yacimientos de hierro de Pdvsa- Intevap (1997) y el tamaño de grano de las muestras PED-1 y PED-3, respectivamente, se

puede inferir que dichas muestras pertenecen a los denominados yacimientos de grano fino, también llamados menas tipo Cerro Bolívar, formados por lixiviación de sílice (son tipo óxidos), a 600-750 m.s.n.m., nivel Imataca, desde hace unos 20 o más millones de años (Rucknick, 1963 en Mendoza, V. 2005) a partir de “ítabiritas” o cherts ferruginosos, de grano fino a muy fino; Pueden ser correlacionadas en Venezuela con los cerros El Trueno, Altamira, San Isidro, San Joaquín, Las Pailas, Los Barrancos, La Estrella, Redondo, Toribio y Arimagua.

5.4 Análisis Químicos

Consistió en ensayar desde el punto de vista químico (Absorción atómica), las muestras representativas del área de estudio para clasificarlas de acuerdo a criterios geológicos como lo son: Saturación de alúmina (Méndez, 2006), Diagrama Total Álcalis versus Sílice (Wilson, 1989), la relación FeO/MgO vs SiO₂ (Miyashiro, 1975) y el Diagrama de discriminación tectónica de Pearce et al (1975)

El análisis de las muestras, fue realizado en el laboratorio de Geociencias de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente Núcleo Bolívar con el apoyo del Analista Isidro Farías.

5.4.1 Índice de saturación de alúmina

De las cinco (5) muestras recolectadas en campo, se escogió solo dos (2), que cumplen con las características necesarias para ser clasificadas mediante el índice de saturación de alúmina propuesto por Méndez, J. (2006).

Las tablas 5.7, y 5.8 muestran los resultados obtenidos de los análisis químicos para la muestra PED-2 y PED-5 respectivamente y los parámetros para clasificarlas de acuerdo a su saturación en alúmina.

Tabla 5.7 Composición química de la muestra PED-2 y cálculos que definen los campos peralcalino, peraluminoso y metaluminoso, respectivamente.

Muestra	Composición química en %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO ₂	P ₂ O ₅	P.P. R
PED 2	72,12	14,35	0,35	1,48	0,70	0,36	4,38	5,27	0,07	0,15	0,32
Saturación en alúmina	Peralcalino $Al_2O_3 < Na_2O + K_2O$			Peraluminoso $Al_2O_3 > CaO + Na_2O + K_2O$			Metaluminoso $Al_2O_3 > Na_2O + K_2O$ Pero $Al_2O_3 < CaO + Na_2O + K_2O$				
Cálculos	$14,35 < 4,38 + 5,27$ $14,35 < 9,65$			$14,35 > 0,70 + 4,38 + 5,27$ $14,35 > 10,35$			$14,35 > 4,38 + 5,27$ $14,35 > 9,65$ Pero $14,35 < 0,70 + 4,38 + 5,27$ $14,35 < 10,35$				
Resultado	<i>No se cumple</i>			<i>Se cumple</i>			<i>No se cumple</i>				

Tabla 5.8 Composición química de la muestra PED-5 y cálculos que definen los campos peralcalino, peraluminoso y metaluminoso, respectivamente.

Muestra	Composición química en %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO ₂	P ₂ O ₅	P.P. R
PED 5	70,52	13,54	0,50	2,56	1,85	0,64	2,47	4,36	0,10	0,26	0,1
Saturación en alúmina	Peralcalino $Al_2O_3 < Na_2O + K_2O$			Peraluminoso $Al_2O_3 > CaO + Na_2O + K_2O$			Metaluminoso $Al_2O_3 > Na_2O + K_2O$ Pero $Al_2O_3 < CaO + Na_2O + K_2O$				
Cálculos	$13,54 < 2,47 + 4,36$ $13,54 < 6,83$			$13,54 > 1,85 + 2,47 + 4,36$ $13,54 > 8,68$			$13,54 > 2,47 + 4,36$ $13,54 > 6,83$ Pero $13,54 < 1,85 + 2,47 + 4,36$ $13,54 < 8,68$				
Resultado	<i>No se cumple</i>			<i>Se cumple</i>			<i>No se cumple</i>				

Los resultados expuestos en las tablas anteriores, indican que las muestras están sobresaturadas en alúmina, es decir son peraluminosas y en relación con los análisis petrográficos que las definen como granitos se puede decir que son granitos peraluminicos; estos granitos para Méndez, J. (2006) son evidencia de fusión de rocas metasedimentarias.

Esta característica química de las muestras PED-2 y PED-5 se puede catalogar, en base a lo propuesto por Méndez, J. (2006), como un tipo de granito que es el Tipo S, originado de la fusión de rocas sedimentarias y metasedimentarias de la corteza anatexia y está asociado a procesos de subducción.

5.4.2 Diagrama de Total Álcalis vs. Sílice (TAS)

De las cinco (5) muestras recolectadas en campo, se escogió solo dos (2), que cumplen con las características necesarias para ser clasificadas de acuerdo a la relación Total Álcalis vs Sílice. Los parámetros utilizados en dicha clasificación serán determinados en las tablas 5.9 y 5.10, respectivamente.

Tabla 5.9 composición química y relación Total Álcalis vs Sílice de la muestra PED-2.

Muestra	<i>Composición química en %</i>										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO ₂	P ₂ O ₅	P.P. R
PED-2	72,12	14,35	0,35	1,48	0,70	0,36	4,38	5,27	0,07	0,15	0,32
Parámetros utilizados en el Diagrama TAS	% SiO₂ = 72,12				% Na₂O + K₂O = 4,38 + 5,27 = 9,65						

Tabla 5.10 composición química y relación Total Álcalis vs Sílice de la muestra PED-5.

Muestra	Composición química en %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO ₂	P ₂ O ₅	P.P. R
PED-5	70,52	13,54	0,50	2,56	1,85	0,64	2,47	4,36	0,10	0,26	0,1
Parámetros utilizados en el Diagrama TAS	% SiO ₂ = 70,52				% Na ₂ O + K ₂ O = 2,47 + 4,36 = 6,83						

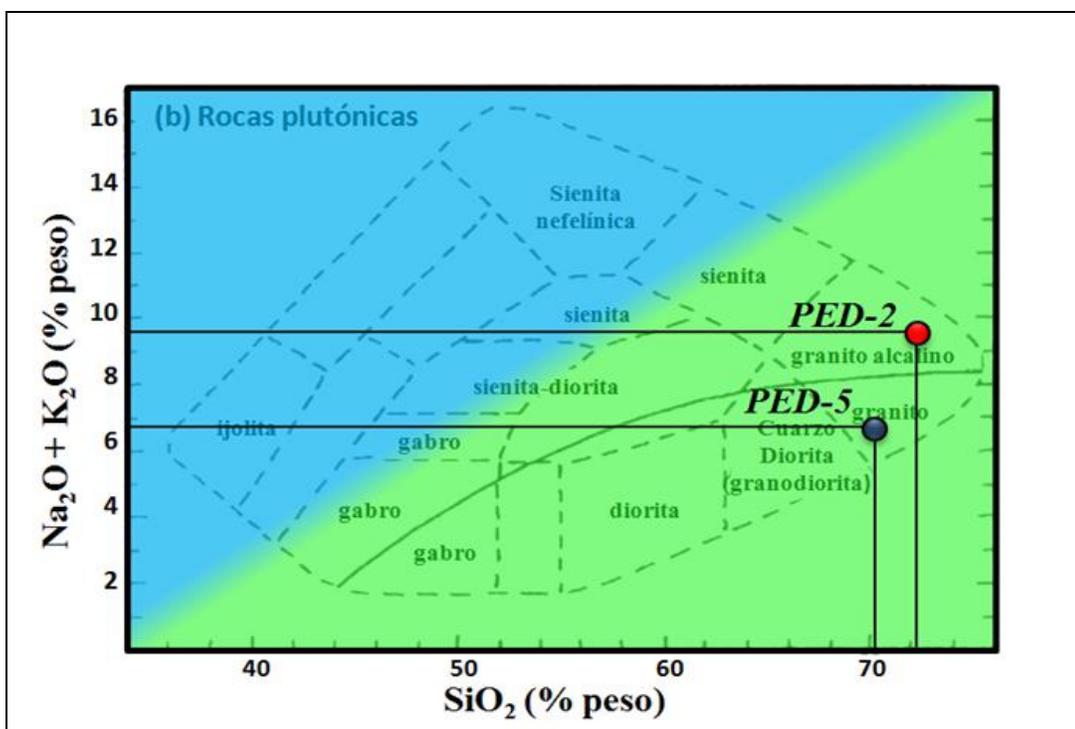


Figura 5.13 Ubicación de las muestras PED-2 y PED-5 en el Diagrama TAS para rocas plutónicas (Wilson, 1989).

La clasificación química basada en el contenido total de álcalis versus el contenido total de sílice, pone de manifiesto el carácter alcalino de la muestra PED-2

mientras que la muestra PED-5 es Sub-alkalina; De igual manera, confirma la caracterización petrográfica de un cuerpo, granito-granito alcalino (Figura 5.13).

5.4.3 Relación FeO/MgO Versus SiO₂

En las tablas 5.11 y 5.12 se presentan nuevamente los valores obtenidos en los análisis químicos de las muestras PED-2 Y PED-5 respectivamente, pero con la salvedad que en esta oportunidad se van a calcular los parámetros utilizados en el Diagrama de Miyashiro.

Tabla 5.11 Óxidos presentes y determinación de los valores de SiO₂ y FeO/MgO para la muestra PED-2.

Muestra	<i>Composición química en %</i>										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO ₂	P ₂ O ₅	P.P.R
PED – 2	72,12	14,35	0,35	1,48	0,70	0,36	4,38	5,27	0,07	0,15	0,32
Parámetros utilizados en el diagrama de Miyashiro	% SiO₂ = 72,12					% FeO/MgO = 1,48/ 0,36 = 4.1					

Tabla 5.12 Óxidos presentes y determinación de los valores de SiO₂ y FeO/MgO para la muestra PED-5.

Muestra	<i>Composición química en %</i>										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO ₂	P ₂ O ₅	P.P.R
PED – 5	70,52	13,54	0,50	2,56	1,85	0,64	2,47	4,36	0,10	0,26	0,1
Parámetros utilizados en el diagrama de Miyashiro	% SiO₂ = 70,52					% FeO/MgO = 2,56/0,64 = 4					

En la figura 5.14 se confirma claramente la tendencia calco-alkalina para ambas muestras; Esta aseveración concuerda con lo propuesto por González de Juana (1980) que considera a las rocas de la Provincia de Imataca como un conjunto original de rocas silíceas de composición calco-alkalina.

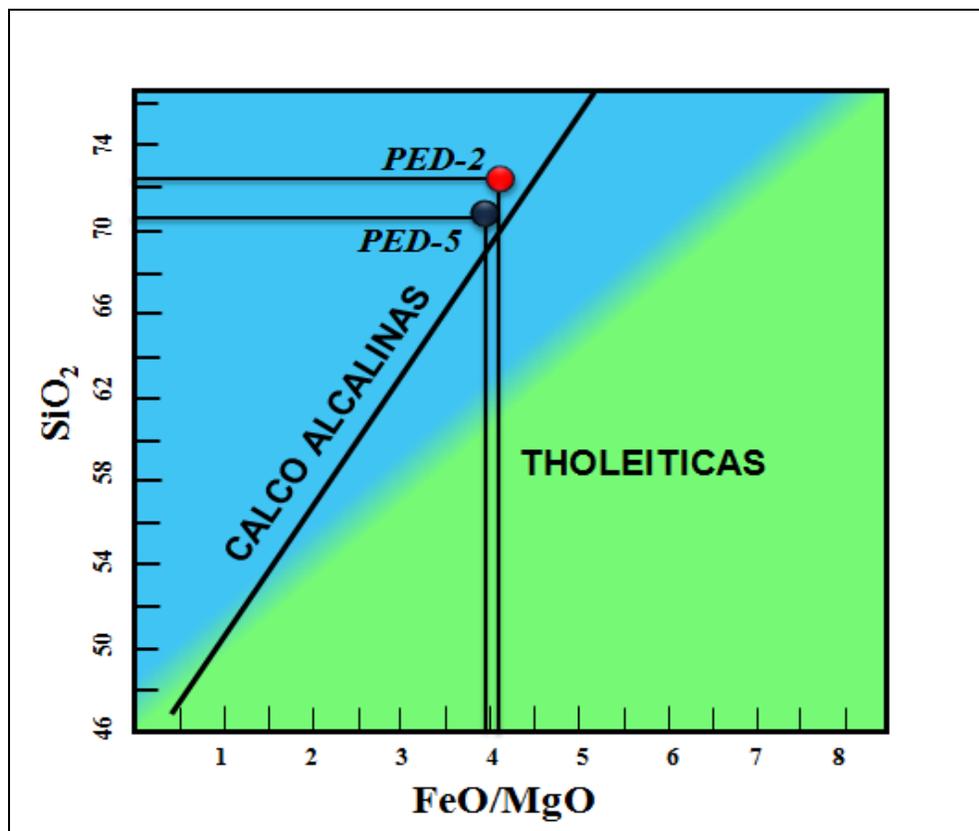


Figura 5.14 Ubicación de las muestras PED-2 y PED-5 en el Diagrama de Variación de FeO/MgO versus SiO_2 (Miyashiro, 1975).

5.4.4 Diagrama de discriminación tectónica

En esta oportunidad se escogieron las mismas muestras anteriores (PED-2 y PED-5) para graficarlas en el diagrama de discriminación tectónica de Pearce et al (1975), para ello es necesario realizar un recálculo al 100% como se muestra en las

tablas 5.13 y 5.14 respectivamente, considerando solo los valores de TiO_2 , K_2O y P_2O_5 .

Tabla 5.13 Cálculo y recálculo para la muestra PED-2

Muestra	<i>Composición química en %</i>										
	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	MnO_2	P_2O_5	P.P.R
PED – 2	72,12	14,35	0,35	1,48	0,70	0,36	4,38	5,27	0,07	0,15	0,32
Parámetros utilizados para discriminación tectónica	% $\text{TiO}_2 = 0,35$			% $\text{K}_2\text{O} = 5,27$				% $\text{P}_2\text{O}_5 = 0,15$			
	% $\text{TiO}_2 + \% \text{K}_2\text{O} + \% \text{P}_2\text{O}_5 = 0,35 + 5,27 + 0,15 = 5,77$										
Recálculo	% $\text{TiO}_2 = (0,35 / 5,77) * 100 = 6,06$			% $\text{K}_2\text{O} = (5,27 / 5,77) * 100 = 91,33$				% $\text{P}_2\text{O}_5 = (0,15 / 5,77) * 100 = 2,6$			

Tabla 5.14 Cálculo y recálculo para la muestra PED-5

Muestra	<i>Composición química en %</i>										
	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	MnO_2	P_2O_5	P.P.R
PED – 5	70,52	13,54	0,50	2,56	1,85	0,64	2,47	4,36	0,10	0,26	0,1
Parámetros utilizados para discriminación tectónica	% $\text{TiO}_2 = 0,50$			% $\text{K}_2\text{O} = 4,36$				% $\text{P}_2\text{O}_5 = 0,26$			
	% $\text{TiO}_2 + \% \text{K}_2\text{O} + \% \text{P}_2\text{O}_5 = 0,50 + 4,36 + 0,26 = 5,12$										
Recálculo	% $\text{TiO}_2 = (0,50 / 5,12) * 100 = 9,76$			% $\text{K}_2\text{O} = (4,36 / 5,12) * 100 = 85,15$				% $\text{P}_2\text{O}_5 = (0,26 / 5,12) * 100 = 5,07$			

Como se exhibe en la figura 5.15 las muestras estudiadas poseen una fuerte correspondencia con las rocas generadas en un ambiente continental; Estas a su vez se pueden correlacionar en Venezuela, de acuerdo a sus características ya mencionadas y edad, con gneises graníticos, precámbricos, particularmente de series calcálicas de tipo continental descritos por Dougan (1977) en la región cercana al Cerro Bolívar.

Los resultados del análisis químico de las muestras PED-2 y PED-5, respectivamente, permiten una comparación con lo propuesto por Mendoza (2012), en base a los tipos de corteza, las cuales clasifica según su composición y antigüedad en: Primaria, Secundaria y Terciaria; dicho esto se puede afirmar que las muestras antes mencionadas corresponden a una corteza Terciaria...

“Cuando las cortezas anteriores son regresadas al manto por procesos de tectónica de placas, en las zonas de subducción se produce una fusión parcial de las mismas en la cuña del manto, encima de tal zona de subducción y por debajo del borde continental activo, originándose las rocas graníticas que evolucionan en el tiempo de TTG (tonalita-trondjemitas-granodioritas, de 2.7 Ga o más antiguas) a granitos potásicos y ultrapotásicos. Estas rocas por su baja densidad, no regresan al manto, no son recicladas, pero la erosión y el metamorfismo se encargan de alterarlas y disminuirlas.” Pág. 95

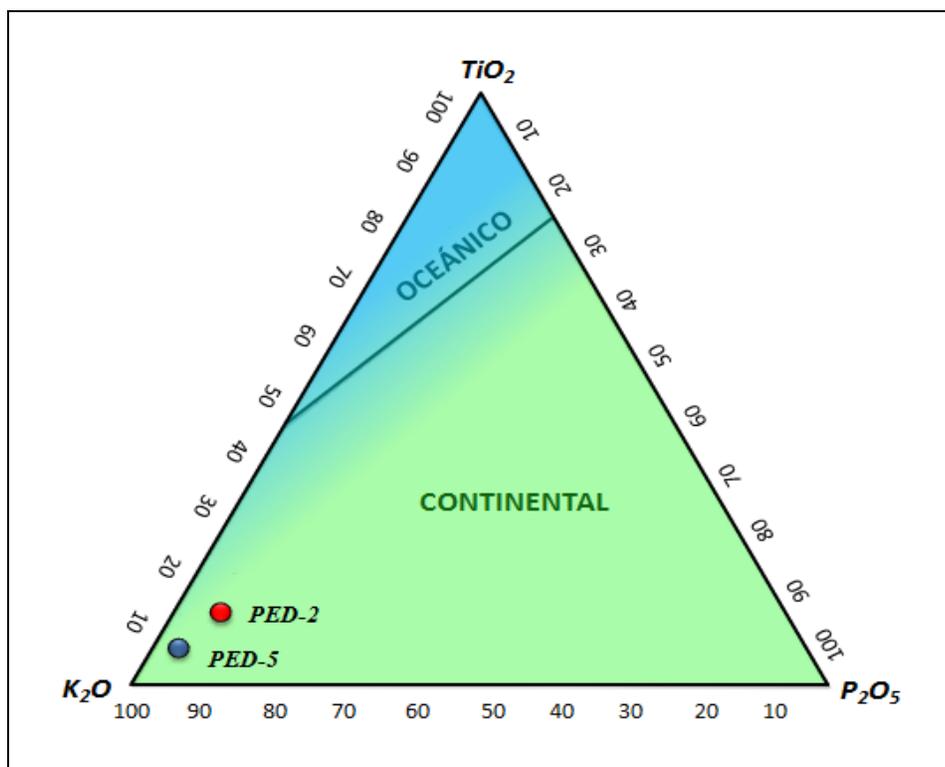


Figura 5.15 Ubicación de las muestras en el Diagrama TiO_2 - K_2O - P_2O_5 (Pearce *et al.* 1975).

5.5 Análisis Granulométricos

Para este análisis se tomo un aproximado de 1500 grs de sedimentos en el Cerro Los Udistas, el cual fue identificado como PED-6, y llevado al laboratorio de Geociencias de la Universidad de Oriente Núcleo Bolívar.

En la tabla 5.15 se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de tamizado para la muestra PED-6; además se establece el tamaño de partículas en relación al % pasante y % retenido en cada tamiz; también se determinó mediante los límites granulométricos normativos de COVENIN 277-92 que en la granulometría de esta muestra predomina la arena media (39,03%), arena gruesa (36,03%), arena fina (23,86) y en menos proporción los limos y arcillas (1,08).

Tabla 5.15 Ensayo granulométrico de la muestra PED-6.

<i>Tamiz</i>	<i>Diámetro (mm)</i>	<i>Peso retenido (g)</i>	<i>% retenido</i>	<i>% retenido acumulado</i>	<i>% pasante</i>	<i>Límites (%)</i>	
						<i>Inf.</i>	<i>Sup.</i>
1 ½"	38,100	0,00	0,00	0,00		100,00	100,00
¾"	19,100	0,00	0,00	0,00		100,00	100,00
3/8"	9,500	0,00	0,00	0,00		100,00	100,00
Nº 4	4,750	0,00	0,00	0,00		95,00	100,00
Nº 8	2,380	0,00	0,00	0,00		80,00	100,00
Nº 16	1,190	27,14	12,13	12,13	87,87	50,00	85,00
Nº 30	0,590	53,47	23,90	36,03	63,97	25,00	60,00
Nº 50	0,290	87,34	39,03	75,06	24,94	10,00	30,00
Nº 100	0,150	39,27	17,55	92,61	7,39	2,00	10,00
Nº 200	0,070	14,12	6,31	98,92	1,08	0,00	3,00
		$\Sigma =$ 221,34				<i>Arena media</i>	39,03%
						<i>Arena gruesa</i>	36,03%
						<i>Arena fina</i>	23,86%
						<i>Limos y Arcilla</i>	1,08%

5.5.1 Curva granulométrica de la muestra PED-6

Una vez suministrados los porcentajes resultantes de la muestra PED-6, estos fueron pasados a una tabla de EXCEL para generar la curva granulométrica de dicha muestra (Figura 5.16), donde la ordenada será el porcentaje más fino por peso en cada tamiz y la abscisa el tamaño (diámetro) de las partículas en escala logarítmica.

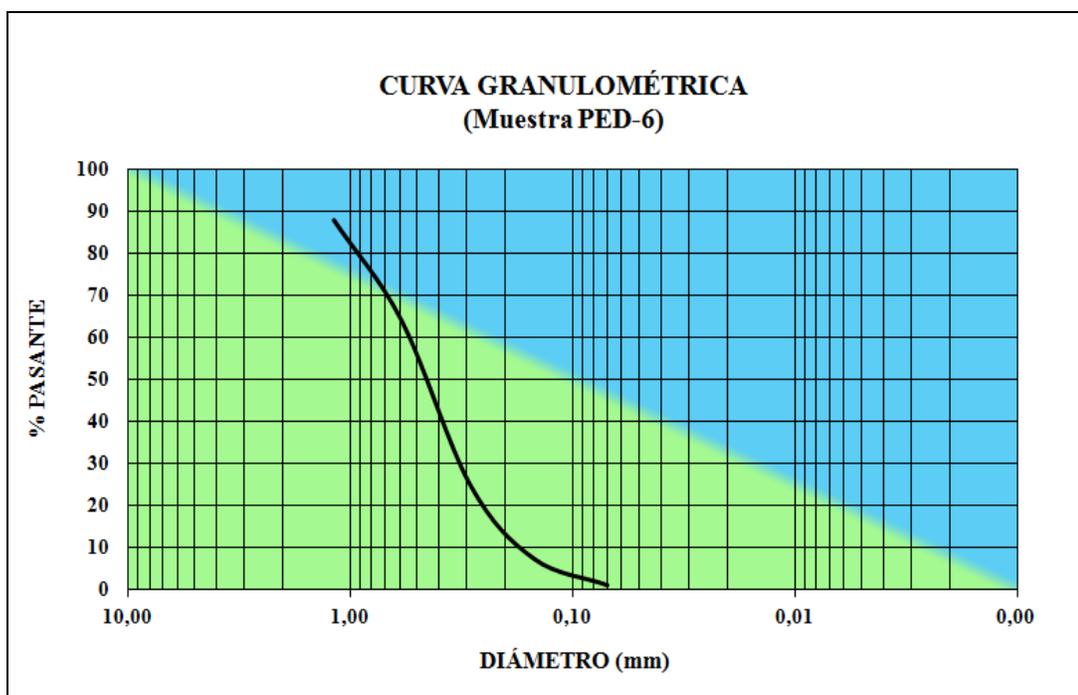


Figura 5.16 Curva granulométrica de la Muestra Ped-6.

5.5.2 Coeficiente de escogimiento (S_o)

Se realizó el cálculo de los cuartiles Q_1 y Q_3 en la curva granulométrica de la muestra PED-6 para clasificarla según el criterio de escogimiento de Trask (1968) en Corneles y Pérez (2000).

Los valores de Q_1 y Q_3 son 7,39 y 63,97 respectivamente lo que genera un valor de escogimiento de 2,94; se puede inferir que la muestra PED-6 tiene un escogimiento normal.

5.6 Determinación del grado de redondez

El análisis de redondez se llevo a cabo en el laboratorio de sedimentología de la Escuela de Ciencias de la Tierra. En la tabla 5.16 se detallan los resultados.

Tabla 5.16 Análisis de redondez de la muestra PED-6

Muestra	R (%)	SR (%)	A (%)	SA (%)	MA (%)
PED-6	3,2	44,90	5,3	44,7	1,90

En la figura 5.17 se observa que los sedimentos tienen un alto contenido de partículas sub-redondeadas y sub-angulares, de tal modo que han sufrido transporte, desgaste y la fuente de sedimentación es cercana. Esto indica que dicho material arenoso pertenece a la Formación Mesa.

Se afirma que, en base al grado de redondez, el coeficiente de selección y los grados de madurez, se trata de una arena submadura.

Algunas de las características de la Formación Mesa propuesta por Prado, Y. (2004) se pueden correlacionar con las mencionadas en el párrafo anterior, permitiendo inferir que la muestra PED-6 pertenece a depósitos de la zona distal de abanicos aluvionales.

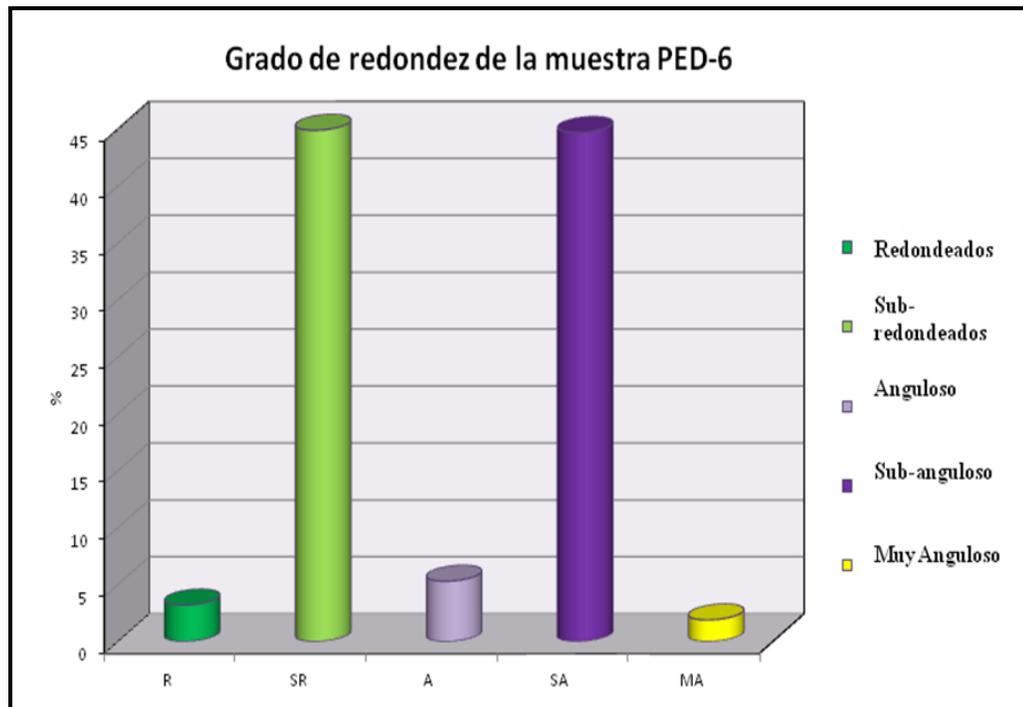


Figura 5.17 representación grafica del grado de redondez de la muestra PED-6.

5.7 Identificación de las estructuras geológicas presentes en el área de estudio

Durante el levantamiento geológico de campo realizado en el Kilómetro 11 y el Cerro Los Udistas se identificaron diferentes estructuras tales como: fracturas sin desplazamiento, tomándose detalle y medida de sus direcciones (Tabla 5.16), utilizando para ello una brújula Azimutal. Con el sistema de posicionamiento global (GPS) se determinaron las coordenadas UTM de un punto de referencia cercano a las estructuras medidas.

En el diagrama de roseta (Figura 5.18), se graficaron un total de Veintiséis (26) estructuras; en esta roseta se puede apreciar que la tendencia es N 60°-70° W con rumbo bidireccional SE, S 50°-60°W con rumbo bidireccional NE.

Tabla 5.16 direcciones de las estructuras

N°	Azimut	Rumbo
1	293	N67°W
2	293	N67°W
3	220	S40°W
4	220	S40°W
5	320	N40°W
6	245	S65°W
7	350	N10°W
8	292	N68°W
9	290	N70°W
10	291	N69°W
11	289	N71°W
12	352	N8°W
13	351	N9°W
14	295	N65°W
Punto de referencia (coordenada UTM)		N-904488 E-476431

N°	Azimut	Rumbo
15	292	N68°N
16	293	N67°W
17	230	S50°W
18	232	S52°W
19	294	S66°W
20	291	S69°W
21	290	S70°W
22	293	N67°W
23	295	N65°W
24	296	N64°W
25	233	S37°W
26	234	S36°W
Punto de referencia (coordenada UTM)		N-904319 E-476447

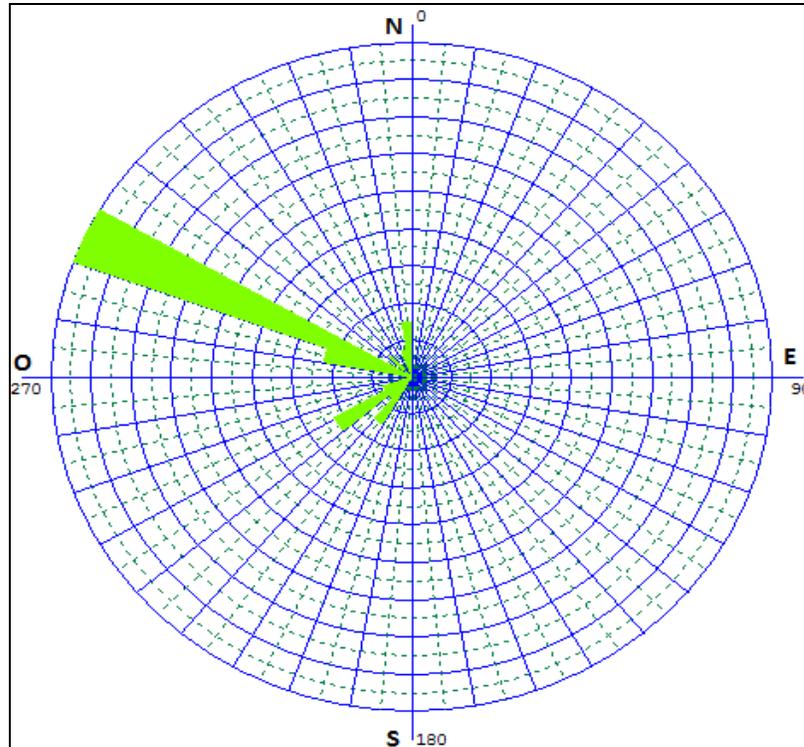


Figura 5.18 Diagrama de roseta.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. En el área investigada se identificaron tres unidades litológicas, las cuales son el basamento Ígneo- metamórfico del Complejo de Imataca, sedimentos de la Formación Mesa y sedimentos recientes aluvionales.
2. De los análisis petrográficos de las muestras, se deduce que, PED-2 y PED-4 son Gneis graníticos, mientras que PED-5 es un Monzogranito. Por su parte los análisis mineralográficos confirman que las muestras PED-1 y PED-3 son Cuarcitas ferruginosas.
3. La descripción macroscópica de las muestras indica que fueron sometidas a procesos de metamorfismo de alto grado, con fusión parcial, alterándolas texturalmente hasta orientar la mineralización de las mismas.
4. Las rocas graníticas son, en base al criterio de saturación en alúmina, granitos Tipo S, peraluminicos, asociados a procesos de subducción y de acuerdo a su ubicación en el diagrama de Miyashiro poseen afinidad calco-alcalina.
5. En base al Diagrama de Discriminación tectónica se afirma que, las rocas del Cerro Los Udistas y la zona del Kilómetro 11, fueron generadas en un ambiente continental y son correlacionables en Venezuela con rocas graníticas de la región cercana al Cerro Bolívar

6. La caracterización petroquímica de las rocas de la zona investigada indica que estas provienen de un magma muy evolucionado formador de una corteza terciaria.
7. Los análisis granulométricos de los sedimentos pertenecientes al Cerro Los Udistas muestran el predominio de arena media (39,03%), arena gruesa (36,03%), arena fina (23,86%), limos y arcillas (1,08%); Con un grado de escogimiento normal $S_o = 2,94$, submadura, y asociadas a depósitos de la zona distal de abanicos aluvionales.
8. Los rasgos estructurales en la zona son fracturas sin desplazamiento con tendencias N 60° - 70° W y rumbo bidireccional SE, S 50° - 60° W con rumbo bidireccional NE. Dicho esto, se puede afirmar que la tendencia estructural de las fracturas de las rocas en el área investigada coincide con el patrón de fracturamiento del Escudo de Guayana.

Recomendaciones

1. Crear una base de datos en la Universidad de Oriente Núcleo de Bolívar donde se recopile toda la información correspondiente a los estudios realizados en el complejo Ígneo-metamórfico de Imataca.
2. Elaborar estudios extensos basados en las condiciones de estabilidad, deformación y resistencia de los granitos cercanos a las zonas mencionadas para seleccionar, de ser posible, los mejores prospectos de rocas ornamentales susceptibles a una explotación rentable, es decir, granitos con cualidades competitivas en el mercado ornamental nacional e internacional y volumen comercial considerable con miras al diseño de un proyecto que permita el aprovechamiento racional de dicho recurso.

REFERENCIAS

Arias, Fidas. (2006). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA**. Quinta edición. Caracas. Venezuela.

Ascanio G. (1975) **EL COMPLEJO DE IMATACA: EN LOS ALREDEDORES DEL CERRO BOLIVAR, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**. X Conferencia Geológica Interguayanas, Belem-Pará Brasil, pp 179-181.

Castaño S. (1994) **MECÁNICA DE LOS DIAGRAMAS TERNARIOS: APLICACIÓN EN EL DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS ÍGNEAS DE STRECKEISEN**. Departamento de Ingeniería Geológica y Minera. Universidad de Castilla - La Mancha. España. Pp 409.

Cornieles J. y Pérez G. (2000) **ESTUDIOS SEDIMENTOLÓGICO DE LA ISLA BOCA DE MARHUANTA UBICADA EN EL RIO ORINOCO DEL ESTADO BOLÍVAR**. Trabajo de Grado U.D.O Escuela de ciencias de la Tierra. Pp 56.

Corporación Venezolana de Guayana CVG, Técnica Minera C.A. (1991) **INFORME DE AVANCE NC-20-14 Y NB-20-2. CLIMA, GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS**. Gerencia de proyectos especiales, Tomo I, Pp 56-122; 129-160.

Chase, Richard L. (1.965) **EL COMPLEJO IMATACA, LA ANFIBOLITA DE PANAMÁ Y TRONDJEMITA DE GURI**. Bol. De Geología, Vol. VII, N°13, Caracas, Pp 178-20.

Flores, Margeore. (2004). **ESTIMACIÓN DE RESERVAS GEOLOGICAS PARA OPTIMIZAR LA MEZCLA EN LA CONFORMACIÓN DE LA MATERIA PRIMA “FINOS” DE LA PLANTA LOS BARRANCOS (FPLB) CIUDAD PIAR-ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra. Ciudad Bolívar, Venezuela. Pp 19-21.

Fuentes D y Chollett. (1979) **APUNTES DE LA ESCUELA DE GEOLOGÍA Y MINAS U.C.V. Caracas**. pp 75-81.

García O. (1965) **MANUAL COMPLEMENTARIO DE PRACTICAS DE SEDIMENTOLOGIA**. Trabajo de Ascenso. U.D.O Escuela de Geología y Minas. Pp 185.

González de Juana, C., Iturralde J. y Picard X. (1.980), **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLÍFERAS**, tomo I y II, ed. facsimilar 1.993, Caracas: Ed. Foninves.

Google Maps (2001) **SELECCIÓN DEL ÁREA Y TOMA DE FOTOGRAFÍAS**. [<http://maps.google.es/>].

Griem W. y Griem S. (2008) **GEOLOGÍA GENERAL - ROCAS ÍGNEAS O MAGMÁTICAS DENOMINACIÓN- STRECKEISEN**, 21 de Marzo 2013, [<http://www.geovirtual.cl/geologia-general/ggcap04a.htm>].

Larez H., Salazar M. y Salcedo E. (1972) **GEOLOGIA DEL AREA DEL CERRO MONTE CRISTO, DISTRITO HERES, ESTADO BOLIVAR**. Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Geología y Minas, Departamento de Geología, 28 de Marzo 2013, [<http://www.pdv.com/lexico/tesis/721-sys.htm>].

Léxico Estratigráfico de Venezuela (1997). **FORMACIÓN MESA**. Publicación Especial N° 12, Tomo II. Tercera Edición, Pp. 318-319.

Heinrich W. (1972) **PETROGRAFÍA MICROSCÓPICA**. Segunda edición, Editorial Omega, Barcelona España.

Mendoza Vicente (2000) **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO)**. Patrocinado por Hecla, pp 22, 39; 42, 46-48.

Mendoza, Vicente. (2003) **PETROLOGÍA ÍGNEA Y METAMÓRFICA**. Ciudad Bolívar, Venezuela. 2da Edición pp 17 - 19, 57.

Mendoza, Vicente (2005). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA: ESCUDO DE GUAYANA, ANDES VENEZOLANOS Y SISTEMA MONTAÑOSO DEL CARIBE**. Tomo I. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de La Tierra. Ciudad Bolívar. Venezuela.

Mendoza, Vicente (2012). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA: EVOLUCIÓN GEOLÓGICA, RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA Y REVISIÓN DEL PRECÁMBRICO MUNDIAL**. Tomo I. 2da. Edición, Edit. Gran Colombia Gold Corp. Bogotá, Colombia.

Méndez, José. (2006) **GEOLOGÍA FÍSICA**. Editado por INTEVEP PDVSA. Caracas, Venezuela. 1era Edición pp 61 – 78.

Nesin B. (1974) **GUÍA DE LA EXCURSIÓN GEOLÓGICA PUERTO ORDAZ-CIUDAD PIAR-CIUDAD BOLÍVAR-PUERTO ORDAZ. IX Conferencia Geológica Inter.-Guayanas, Boletín de Geología, publicación especial N° 6, pp 42-48.**

Norma 2000-87 **SECTOR CONSTRUCCIÓN. ESPECIFICACIONES. CODIFICACIÓN Y MEDICIONES PARTE I.**

Prado, Y. (2004) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA FORMACIÓN MESA EN LA ZONA CUBIERTA POR LA HOJA CARTOGRÁFICA N° 7540 A ESCALA 1:100.000, ESTADOS BOLÍVAR Y ANZOÁTEGUIL.** Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Núcleo Bolívar. Trabajo de grado

Petróleos de Venezuela, PDVSA – Intevep. (1.997 – 2.005) **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA.** Versión Digitalizada.

Petróleos de Venezuela, PDVSA – Intevep (1.999-2.001) **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA,** versión electrónica en CD.

Petróleos de Venezuela, PDVSA- Intevep (1997) **MUSEO GEOLÓGICO DE VENEZUELA, MODULO MINERALES DE VENEZUELA: HIERRO,** 10 de Abril 2013, [<http://www.pdvsa.com/lexico/museo/minerales/hierro.htm>].

Toselli A. (2010). **ELEMENTOS BÁSICOS DE PETROLOGÍA ÍGNEA.** INSTITUTO SUPERIOR DE CORRELACION GEOLÓGICA (INSUGEO), 5 de Abril 2013, [http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_18/15.htm].

Turner F. y Verhoogen J. (1978) **PETROLOGÍA IGNEA Y METAMÓRFICA.** Editorial Omega, tercera edición, pp 529-531, 559-592.

Turner H. y Gilbert C. (1968) **PETROGRAFÍA, INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE SECCIONES DELGADAS.** Primera Edición, Centro Regional de Ayuda técnica, Agencia para el desarrollo Internacional (AID), México.

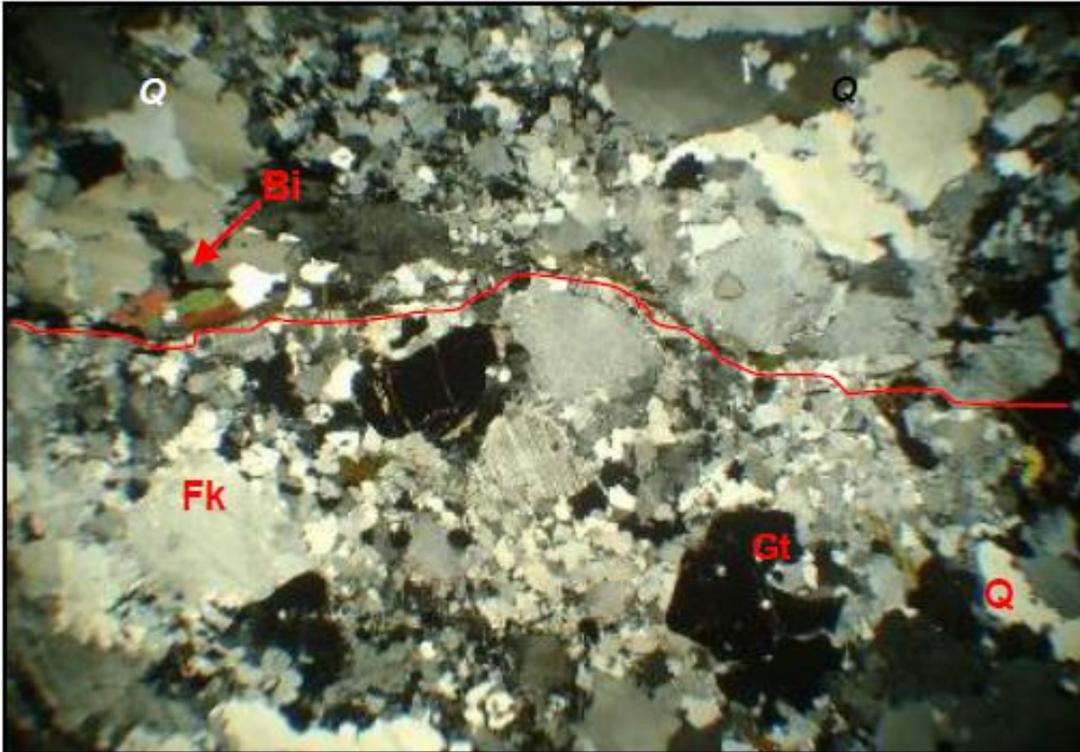
Vallejo D., Salazar A. y Toro L. (2011) **PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS INTRUSIVAS AFLORANTES ENTRE LOS MUNICIPIOS DE MISTRATÓ Y BELÉN DE UMBRÍA (DEPARTAMENTO DE RISARALDA, CORDILLERA OCCIDENTAL COLOMBIANA).** Boletín de Geología, Vol. 33, N° 2, Julio-Diciembre de 2011.

Whitten, D. y Brooks, J. (1972) **DICCIONARIO GEOLÓGICO,** Middlesex, Inglaterra pp. 364

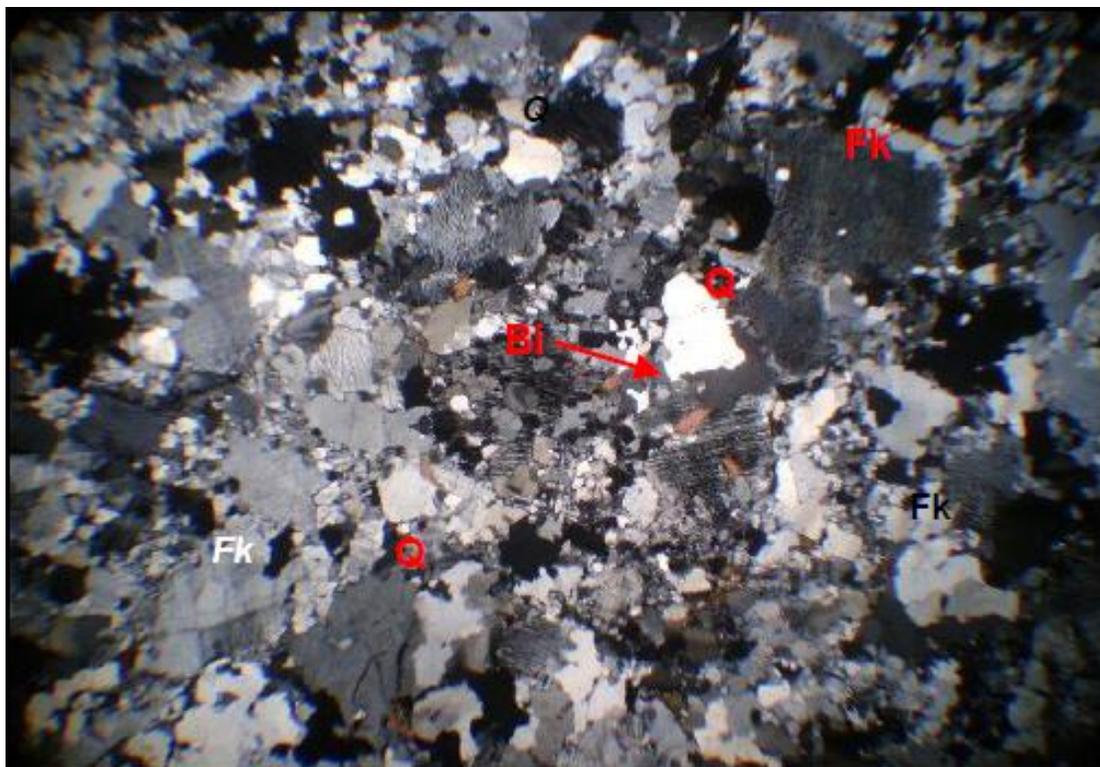
Yánez H. y Cruz C. (1999) **INFORME GEOLÓGICO DE LA HOJA MARHUANTA N^o 7540, ESCALA 1:100.000**. Informe del Ministerio de Energía y Minas (MEM), Ciudad Bolívar-estado Bolívar. Pp 6-14.

APÉNDICES

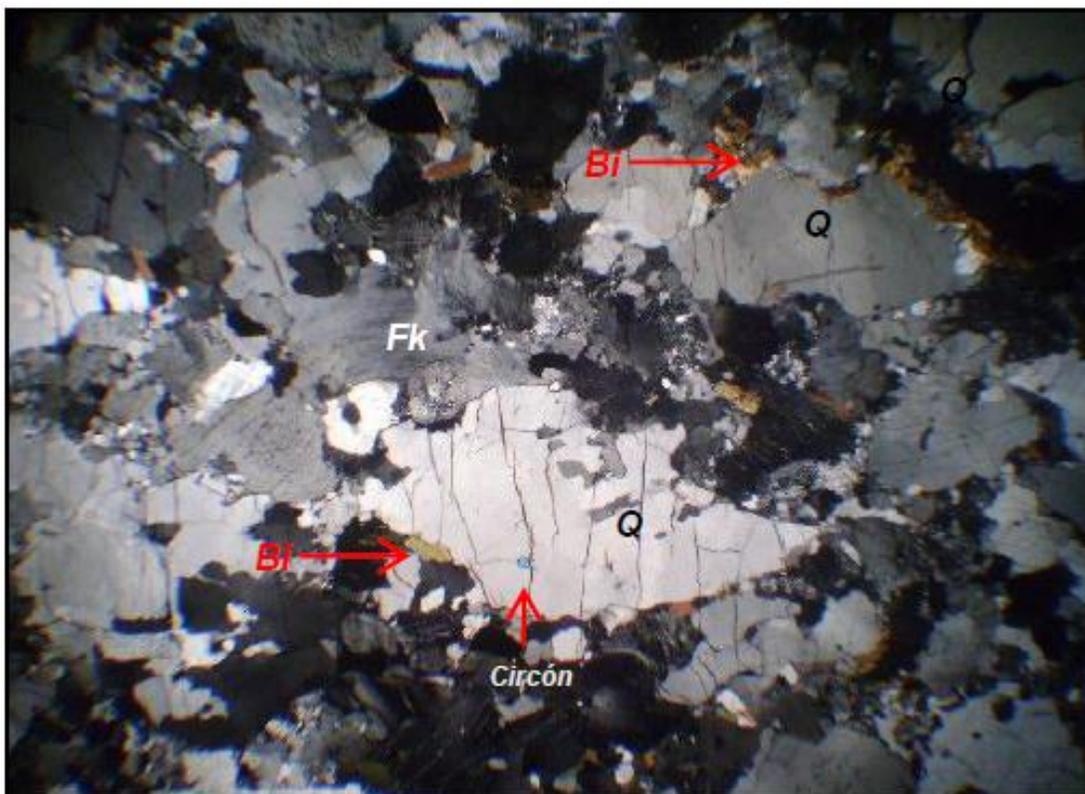
APÉNDICE A
ANÁLISIS PETROGRÁFICOS
INFORME DE INGEOMIN



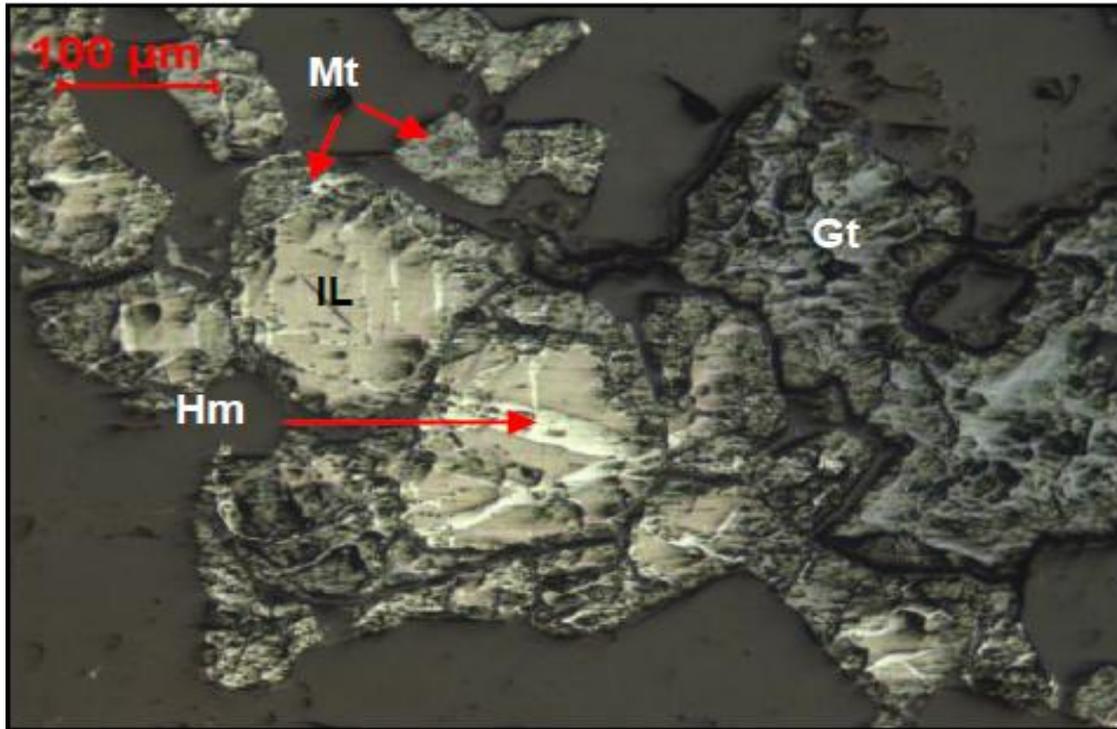
A.1 Muestra PED-2 (NX) 10X/2X: Se observa una textura Granolepidoblástica Inequigranular Interlobulada, formada por cristales que van de tamaño fino hasta grueso, xenoblásticos, formada por Cuarzo (Q), Feldespato (Fk), tipo Microclino Pertítico, Biotita (Bi) con orientación marcada fuertemente alterada.



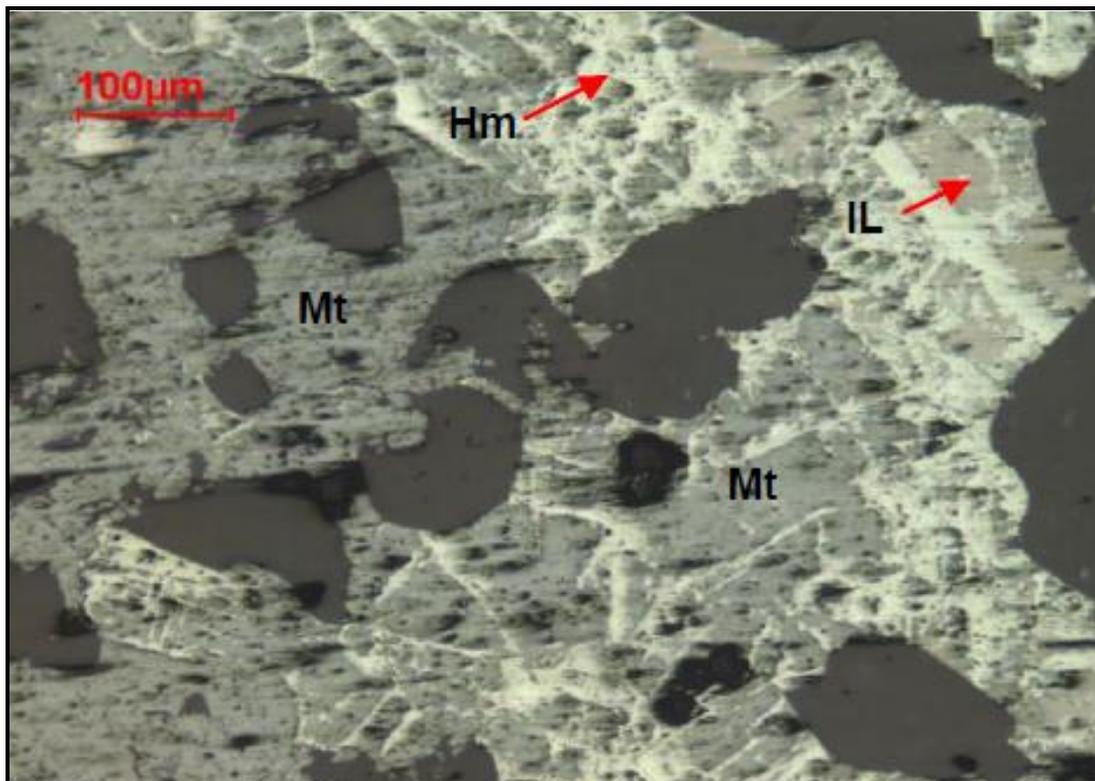
A.2 Muestra PED-4 (NX) 10X/2X: Alotriomórfica – inequigranular, formada por cristales que van de tamaño medio hasta fino escasos gruesos, mayormente anhedrales, cuyos límites de granos son algunos lobulados (curvos), recristalizados y también irregulares.



A.3 Muestra PED-5 (NX) 10X/2X: Alotriomórfica Inequigranular, donde los componentes son de tamaño variable y subhedral-anhedral, hay Feldspato (Fk) alterado, paquetes de Cuarzo (Q) con inclusiones de Circón y Mica biotita (Bi) bordeando los cristales.

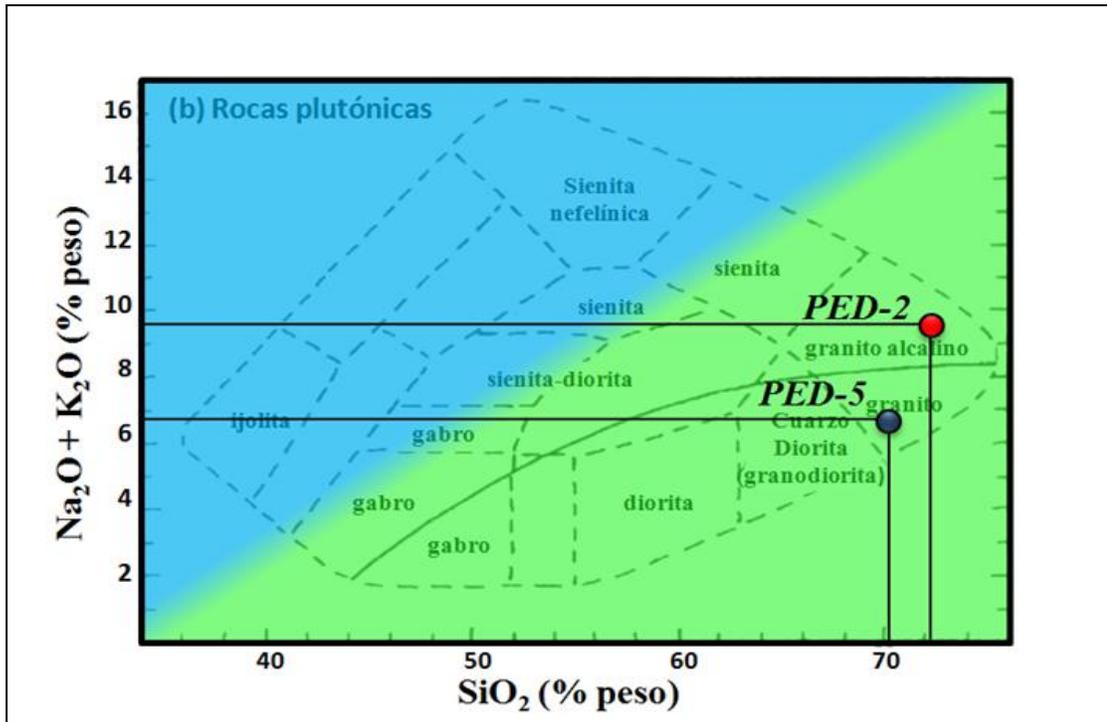


A.4 Muestra PED-1 10X/10X: Se observa Ilmenita (IL) con cuerpos de exsolución lamelar de hematita (Hm), además hay Magnetita (Mt) reemplazando a partir de los bordes a la Hematita (Musketovita) y Goethita (Gt) coloforme.

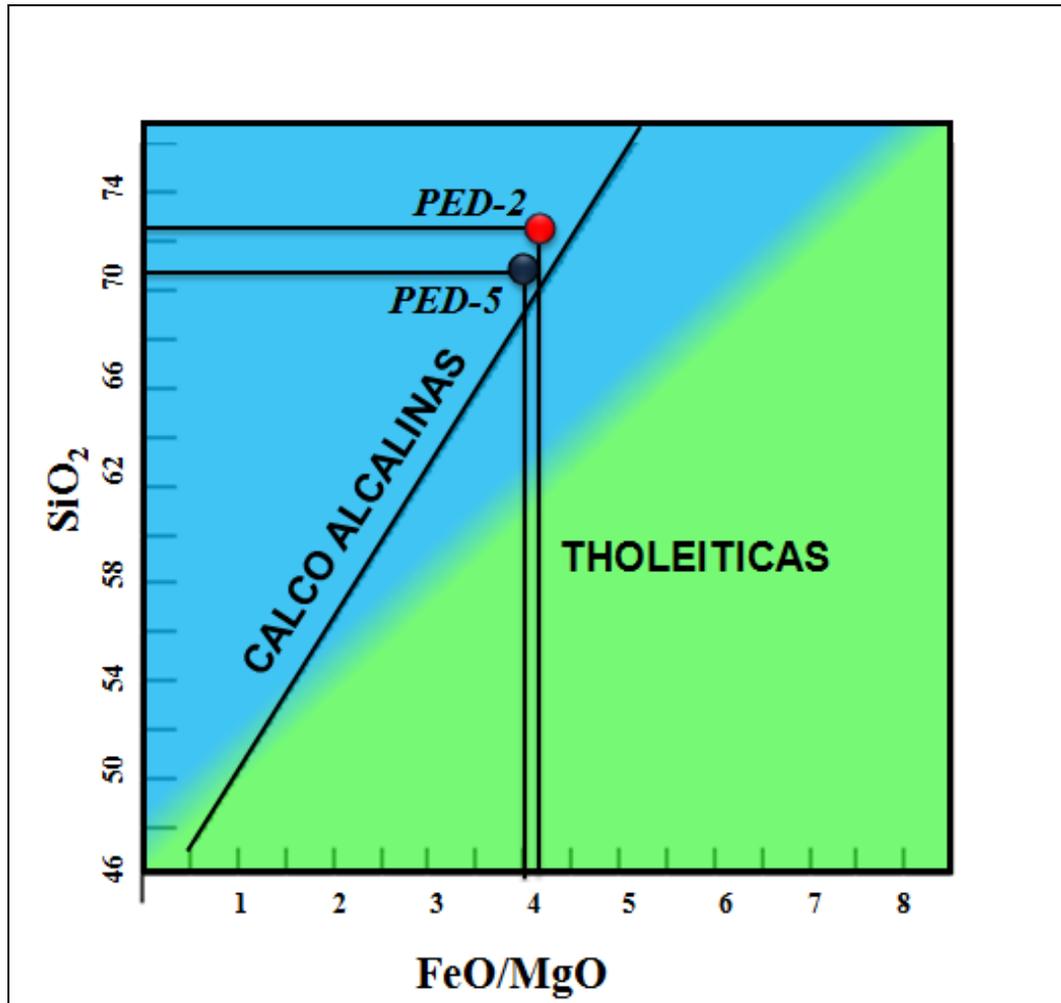


A.5 Muestra PED-3 10X/10X: Se observa Magnetita (Mt) reemplazando parcialmente a la Hematita (Hm), Musketovita, dejando cuerpos de exsoluciones de Hematita (Hm) y restos de Ilmenita (IL).

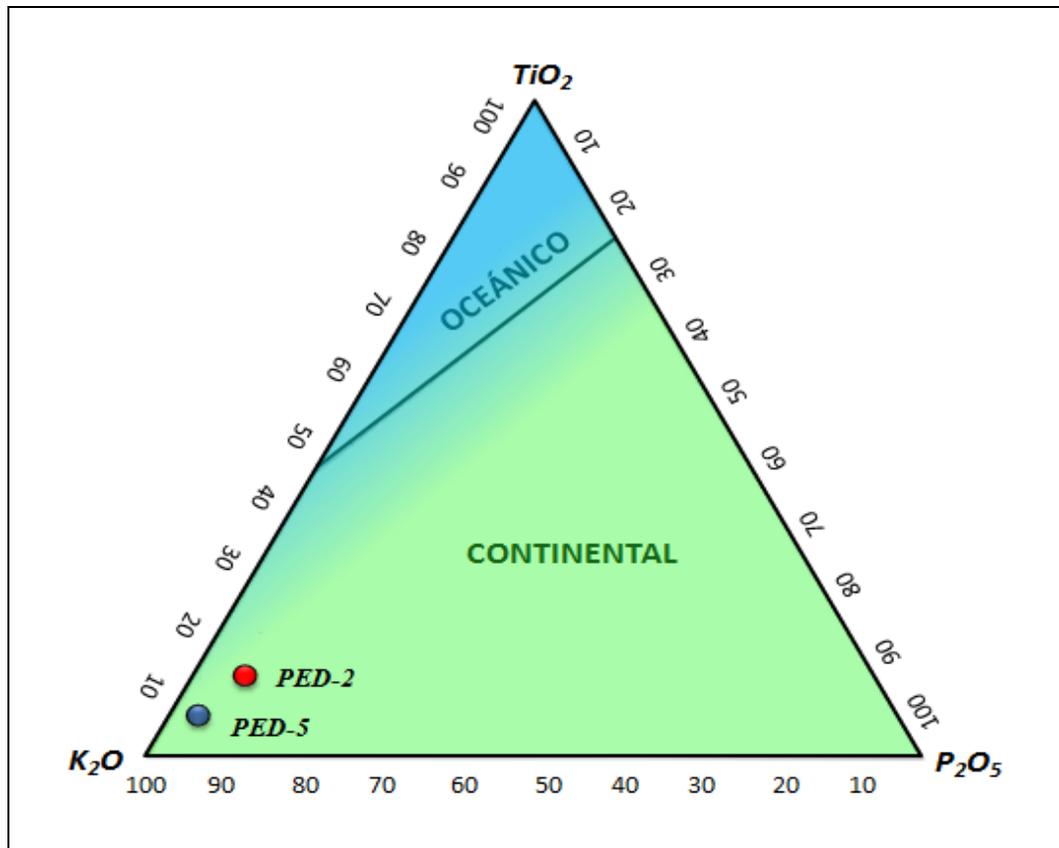
APÉNDICE B
ANÁLISIS QUÍMICOS
INFORME DEL LABORATORIO DE GEOCIENCIAS DE LA
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA UDO-BOLÍVAR



B.1 Ubicación de las muestras PED-2 y PED-5 en el Diagrama TAS para rocas plutónicas, Wilson (1989).



B.2 Ubicación de las muestras PED-2 y PED-5 en el Diagrama de Variación de FeO/MgO versus SiO₂, Miyashiro (1975).



B.3 Ubicación de las muestras en el Diagrama TiO_2 - K_2O - P_2O_5 (Pearce *et al.* 1975).

B.4 Composición química de la muestra PED-2 y cálculos que definen los campos peralcalino, peraluminoso y metaluminoso, respectivamente.

Muestra	Composición química en %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO ₂	P.P.R
PED 2	72,12	14,35	0,35	1,48	0,70	0,36	4,38	5,27	0,07	0,47
Saturación en alúmina	Peralcalino $Al_2O_3 < Na_2O + K_2O$			Peraluminoso $Al_2O_3 > CaO + Na_2O + K_2O$			Metaluminoso $Al_2O_3 > Na_2O + K_2O$ Pero $Al_2O_3 < CaO + Na_2O + K_2O$			
Cálculos	$14,35 < 4,38 + 5,27$ $14,35 < 9,65$			$14,35 > 0,70 + 4,38 + 5,27$ $14,35 > 10,35$			$14,35 > 4,38 + 5,27$ $14,35 > 9,65$ Pero $14,35 < 0,70 + 4,38 + 5,27$ $14,35 < 10,35$			
Resultado	<i>No se cumple</i>			<i>Se cumple</i>			<i>No se cumple</i>			

B.5 Composición química de la muestra PED-3 y cálculos que definen los campos peralcalino, peraluminoso y metaluminoso, respectivamente.

Muestra	Composición química en %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO ₂	P.P.R
PED 3	83,25	4,13	0,09	6,54	0,27	0,39	0,28	0,13	0,05	0,49
Saturación en alúmina	Peralcalino $Al_2O_3 < Na_2O + K_2O$			Peraluminoso $Al_2O_3 > CaO + Na_2O + K_2O$			Metaluminoso $Al_2O_3 > Na_2O + K_2O$ Pero $Al_2O_3 < CaO + Na_2O + K_2O$			
Cálculos	$4,13 < 0,28 + 0,13$ $4,13 < 0,41$			$4,13 > 0,27 + 0,28 + 0,13$ $4,13 > 0,68$			$4,13 > 0,28 + 0,13$ $4,13 > 0,41$ Pero $4,13 < 0,28 + 0,13 + 0,27$ $4,13 < 0,68$			
Resultado	<i>No se cumple</i>			<i>Se cumple</i>			<i>No se cumple</i>			

B.6 Composición química de la muestra PED-5 y cálculos que definen los campos peralcalino, peraluminoso y metaluminoso, respectivamente.

Muestra	Composición química en %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO ₂	P.P.R
PED 5	70,52	13,54	0,50	2,56	1,85	0,64	2,47	4,36	0,10	0,36
Saturación en alúmina	Peralcalino $Al_2O_3 < Na_2O + K_2O$			Peraluminoso $Al_2O_3 > CaO + Na_2O + K_2O$			Metaluminoso $Al_2O_3 > Na_2O + K_2O$ Pero $Al_2O_3 < CaO + Na_2O + K_2O$			
Cálculos	$13,54 < 2,47 + 4,36$ $13,54 < 6,83$			$13,54 > 1,85 + 2,47 + 4,36$ $13,54 > 8,68$			$13,54 > 2,47 + 4,36$ $13,54 > 6,83$ Pero $13,54 < 1,85 + 2,47 + 4,36$ $13,54 < 8,68$			
Resultado	<i>No se cumple</i>			<i>Se cumple</i>			<i>No se cumple</i>			

B.7 composición química y relación Total Álcalis vs Sílice de la muestra PED-2

Muestra	Composición química en %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO ₂	P.P.R
PED-2	72,12	14,35	0,35	1,48	0,70	0,36	4,38	5,27	0,07	0,47
Determinación de valores para diagrama TAS	% SiO₂ = 72,12				% Na₂O + K₂O = 4,38 + 5,27 = 9,65					

B.8 composición química y relación Total Álcalis vs Sílice de la muestra PED-5

Muestra	<i>Composición química en %</i>									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO ₂	P.P.R
PED-5	70,52	13,54	0,50	2,56	1,85	0,64	2,47	4,36	0,10	0,36
Determinación de valores para diagrama TAS	% SiO₂ = 70,52				% Na₂O + K₂O = 2,47 + 4,36 = 6,83					

B.9 Óxidos presentes y determinación de los valores SiO₂ y FeO/MgO para la muestra PED-2.

Muestra	<i>Composición química en %</i>									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO ₂	P.P.R
PED – 2	72,12	14,35	0,35	1,48	0,70	0,36	4,38	5,27	0,07	0,47
Parámetros utilizados en el diagrama de Miyashiro	% SiO₂ = 72,12				% FeO/MgO = 1,48/ 0,36 = 4.1					

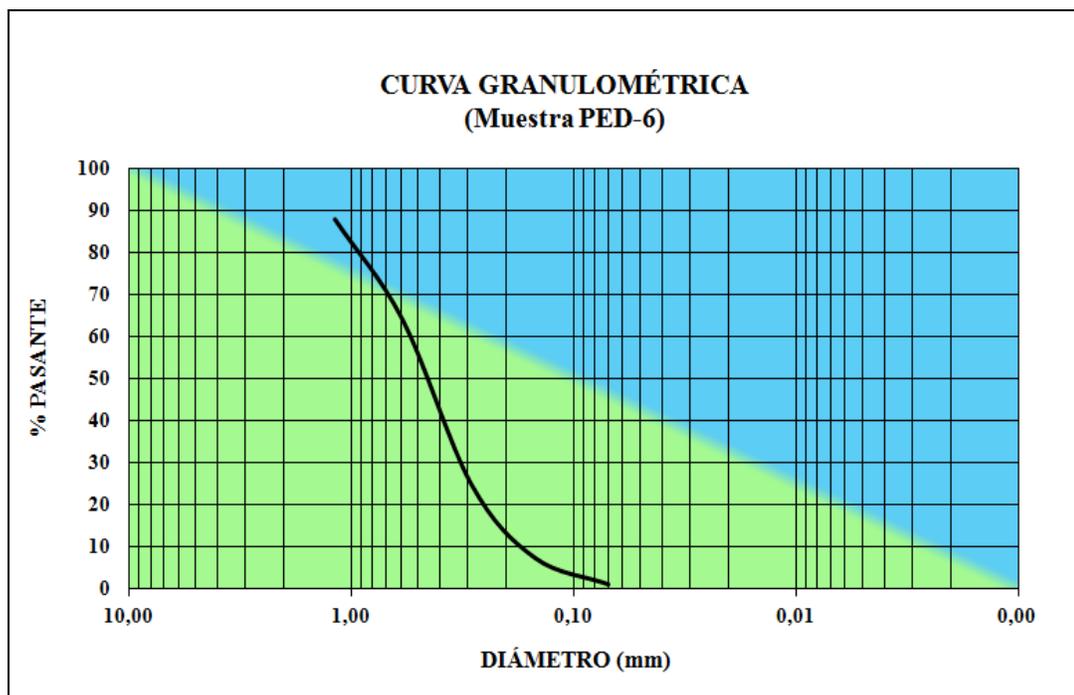
B.10 Óxidos presentes y determinación de los valores de SiO₂ y FeO/MgO para la muestra PED-5.

Muestra	<i>Composición química en %</i>									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO ₂	P.P.R
PED 5	70,52	13,54	0,50	2,56	1,85	0,64	2,47	4,36	0,10	0,36
Parámetros utilizados en el Diagrama de Miyashiro	% SiO₂ = 70,52				% FeO/MgO = 2,56/0,64 = 4					

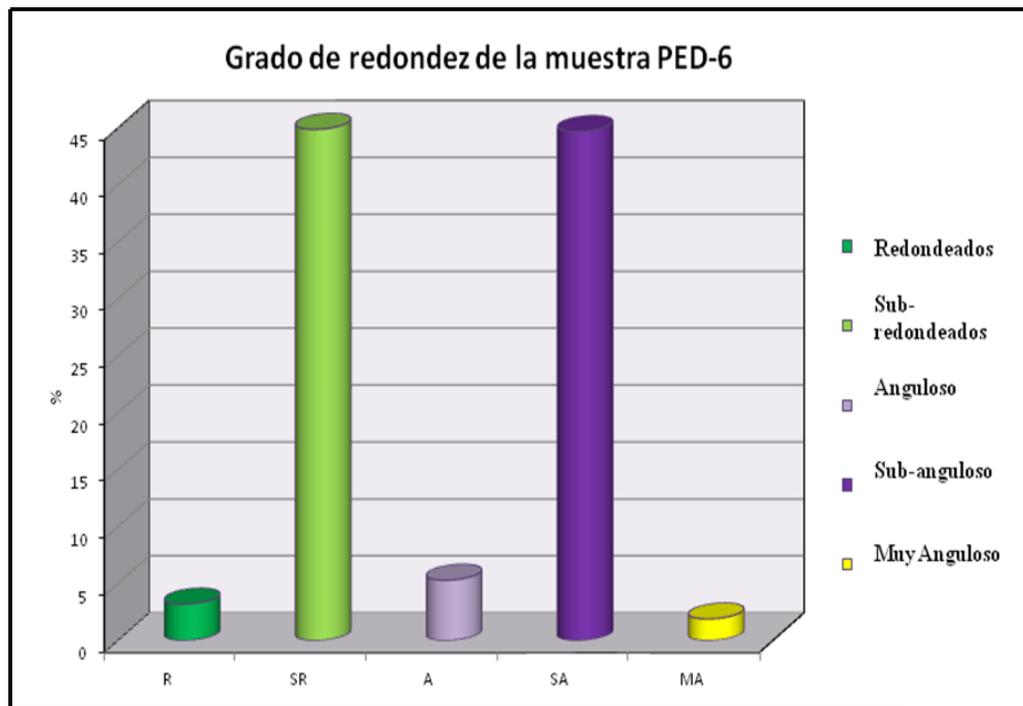
APÉNDICE C
ANÁLISIS GRANULOMETRICO
INFORME DEL LABORATORIO DE GEOCIENCIAS DE LA
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA UDO-BOLÍVAR

C.1 Ensayo granulométrico de la muestra PED-6

Tamiz	Diámetro (mm)	Peso retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante	Limites (%)		
						Inf.	Sup.	
1 ½"	38,100	0,00	0,00	0,00		100,00	100,00	
3/4"	19,100	0,00	0,00	0,00		100,00	100,00	
3/8"	9,500	0,00	0,00	0,00		100,00	100,00	
Nº 4	4,750	0,00	0,00	0,00		95,00	100,00	
Nº 8	2,380	0,00	0,00	0,00		80,00	100,00	
Nº 16	1,190	27,14	12,13	12,13	87,87	50,00	85,00	
Nº 30	0,590	53,47	23,90	36,03	63,97	25,00	60,00	
Nº 50	0,290	87,34	39,03	75,06	24,94	10,00	30,00	
Nº 100	0,150	39,27	17,55	92,61	7,39	2,00	10,00	
Nº 200	0,070	14,12	6,31	98,92	1,08	0,00	3,00	
		$\Sigma =$ 221,34				<i>Arena media</i>	39,03%	
						<i>Arena gruesa</i>	36,03%	
						<i>Arena fina</i>	23,86%	
						<i>Limos y Arcilla</i>	1,08%	



C.2 Curva Granulométrica de la Muestra Ped-6.



C.3 Representación gráfica del grado de redondez de la muestra PED-6.

ANEXOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso -1/6

Título	EVALUACIÓN PETROMINERALÓGICA Y GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS AFLORANTES EN EL KILÓMETRO 11 Y EL CERRO LOS UDISTAS UBICADOS EN LA AUTOPISTA CIUDAD BOLÍVAR - PUERTO ORDAZ, MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA
Subtítulo	ROCAS AFLORANTES EN EL KILÓMETRO 11 Y EL CERRO LOS UDISTAS

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
PEDRO D. ORTEGA C.	CVLAC	19.941.602
	e-mail	Ortega.21@hotmail.com
	e-mail	
ADRIANA C. RAMIREZ G.	CVLAC	19.728.562
	e-mail	Adri_acrg@hotmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Evaluación
Petromineralógica
Geoquímica
Petrogénesis
Imataca
Formación Mesa
Peralumínicos
Calcoalcalina
Corteza Terciaria

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Departamento de geología	Geología

Resumen (abstract):

La presente investigación se desarrolló específicamente en el kilómetro 11 y el Cerro Los Udistas, ubicados en las adyacencias de la autopista Ciudad Bolívar-Puerto Ordaz, Estado Bolívar, Venezuela. Las modalidades utilizadas en este trabajo son documental y de campo, respectivamente, y el propósito principal es evaluar petromineralógica y geoquímicamente las rocas aflorantes en los lugares antes mencionados. La superficie está enmarcada geológicamente dentro de la Formación Mesa y la Provincia Geológica de Imataca, esta última se caracteriza geomorfológicamente por un relieve de llanuras a lomeríos, vegetación de sabana, con suelos rojizos, y cursos de agua permanente como el río Orinoco al Norte. La metodología aplicada se fundamenta en tres (3) etapas: de oficina, de campo, y de laboratorio. Durante la visita a campo se tomaron cinco (5) muestras de roca y una (1) de sedimentos para realizar las observaciones macroscópicas y sus respectivos análisis; de aquí se desprende lo siguiente: a) Los resultados del análisis mineralográfico confirman que las muestras PED-1 y PED-3 son Cuarzitas ferruginosas. b) De los análisis petrográficos de las muestras, se deduce que, PED-2 y PED-4 son Gneis graníticos, mientras que PED-5 es un Monzogranito; c) Las características químicas de las muestras PED-2 y PED-5 permiten catalogarlas como: granitos Tipo S, peraluminicos, con tendencia calco-alcalina, formados en un ambiente continental y en una corteza Terciaria. d) Los análisis granulométricos para la muestra PED-6 arrojaron resultados de arena media (39,03%), arena gruesa (36,03%), arena fina (23,86%), limos y arcillas (1,08%), por su parte la relación entre el escogimiento y el grado de madurez la define como submadura y con un escogimiento normal. Los rasgos estructurales en la zona son fracturas sin desplazamiento con tendencias N 60°-70° W y rumbo bidireccional SE, S 50°-60°W con rumbo bidireccional NE.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Miguel A. Gómez H.	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input checked="" type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/>
	CVLAC	4.031.652
	e-mail	Ing_ miguelgomezh@yahoo.com
	e-mail	
Edixon R. Salazar	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	4.910.127
	e-mail	edixonsal@hotmail.com
	e-mail	
Yockling Lima	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	8.860.462
	e-mail	ylima@udo.edu.ve
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2013	12	12
------	----	----

Lenguaje Spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
Tesis- EVALUACIÓN PETROMINERALÓGICA Y GEOQUÍMICA.Doc

Alcance:

Espacial: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Área de Estudio:

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

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU N° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *Martínez*
FECHA *5/8/09* HORA *5:30*

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario



C.C.: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

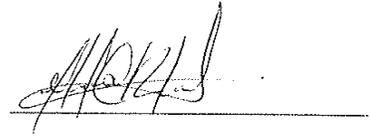
Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) : “Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización.”



AUTOR 1



AUTOR 2



TUTOR