

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



**ESTUDIO GEOQUÍMICO EXPLORATORIO DE LA CUENCA
DEL RÍO CANDELARIA, MUNICIPIO HERES, ESTADO
BOLÍVAR.**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO
POR LOS BACHILLERES. JOANN M.,
ABREU L. Y EDUARDO J., ORTA
M PARA OPTAR A LOS
TÍTULOS DE GEÓLOGO E
INGENIERO GEÓLOGO
RESPECTIVAMENTE**

CIUDAD BOLÍVAR, AGOSTO DEL 2010.

HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado intitulado “**ESTUDIO GEOQUÍMICO EXPLORATORIO DE LA CUENCA DEL RÍO CANDELARIA, MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR.**”, presentado por los bachilleres: **Eduardo J. Orta M.**, y **Joann M. Abreu L.**, ha sido aprobado, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre:

Firma:

Profesor Jorge Abud

(Asesor)

Jurado

Jurado

Profesora Rosario Rivadulla

Jefe de Departamento de Geología

Profesor Enrique Acosta

Jefe de Departamento de Geotecnia

Ciudad Bolívar, Agosto de 2010.

DEDICATORIA

Primeramente a Dios, por estar conmigo y escucharme siempre, llevándome a ser alguien de bien. A San Miguel Arcángel, por ser mi protector y escuchar todas mis plegarias.

A mis padres Maritza Martínez de Orta y Armando Orta por traerme al mundo, por todos sus consejos y llevarme siempre por buen camino, la confianza y paciencia que tuvieron en mí para llegar a donde estoy. Definitivamente los mejores padres del mundo los quiero mucho y les dedico este trabajo y todos mis triunfos

A mis hermanos Carmen Orta y Armando Orta por estar juntos todo el tiempo, darnos el cariño y el apoyo familiar que nos inculcaron. Carmen eres lo máximo por ayudarme siempre en todo lo que necesité y poder contar contigo en todo momento. A mis madrinas Rosa Salaya y Sol Salaya, por toda la fuerza espiritual y ayuda incondicional que me dieron siempre. A toda mi familia, tías y tíos, que de alguna manera ayudaron a lograr este triunfo, mis primos y primas que estuvieron siempre pendientes.

A nuestro tutor, profesor y buen amigo Jorge Abud, que tuvo mucha paciencia con nosotros, por haberme ayudado antes de llegar acá, y ahora por darme el apoyo para terminar mi carrera. Es una excelente persona lo tendré siempre en cuenta

Eduardo Orta

DEDICATORIA

A Dios nuestro Ser Supremo, por darme salud y por su iluminación para seguir adelante en el árduo camino de los estudios y vida.

A mis padres, Elisa Lugo y Fredi Abreu, ejemplo de lucha y tesón, por darme todo su amor y apoyo, de quienes he aprendido el valor y la entereza ante la adversidad.

A mis hermanos Freddy y Víctor, por ser el soporte necesario para mi desarrollo humano y espiritual y para que se motiven a luchar por todo lo que se propongan. A mis tíos, primos por su invaluable apoyo y cariño.

A mi abuela Marina Moya, por ser una persona especial, por darme todo sus consejos y apoyo constante.

A Danyela León, por su solidaridad, amor, por ser la persona que en mis últimos años me ha dado su apoyo incondicionalmente, por compartir mis experiencias a su lado, por ser alguien especial. A mis amigos, que siempre han estado juntos a mí, compartiendo nuestras alegrías y tristezas. Armando Marín, Víctor Pérez, Alberto Aponte y Enrique Tobías

Joann Abreu

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar por ser mi segunda casa, a los profesores por compartir sus conocimientos y experiencias para lograr esta meta, mis amigos y amistades que me acompañaron y ayudaron en tiempos difíciles, el personal administrativo que colaboró conmigo y que también hacen vida acá.

A la profesora Anna Bandini y su técnico Isabel ambas muy amables y colaboradoras en el Laboratorio de Mineralogía. También a los técnicos de Topografía Señor Montenegro y Señor German. A la profesora Haydee Carolina Mendoza como directora de INGEOMIN y Jesús Álvarez, por su aporte en este trabajo y las ayudas en mi carrera siga así buena persona.

Profesor Dionisio Morillo usted también merece estar acá por el apoyo que siempre recibí de usted tanto en este trabajo y las muchas ayudas en el transcurso de mí carrera que nunca olvidaré.

Profesor Wilmer Zerpa, por ser un excelente profesional tanto en su materia, como en el cargo que desempeña en la Comisión de Trabajo de Grado. A la Señorita María Brudas, por estar siempre conmigo como mi amiga y pareja, y todos los esfuerzos que hicimos en esos momentos difíciles para yo lograr este triunfo

Eduardo Orta

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso, por darme salud, guiarme en todo mis caminos. En quien confiaré en todo momento.

A mis padres, por su ayuda, estímulo y por su verdadero amor.

A la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, y a cada uno de los profesores que la conforman, que contribuyeron con su granito de arena a lo largo de mi carrera para lograr un excelente aprendizaje y mi meta.

A mi tutor académico, Profesor Jorge Abud por sus sugerencias, apoyo y dedicación en este camino para lograr lo establecido.

A la Profesora Ana Bandini y el Profesor Jesús Alvares, por sus sabios consejos y sus máximas experiencias que permitieron seguir adelante con mi trabajo. A los técnicos de los laboratorios, por ayudarme a desarrollar los diferentes análisis.

A la familia León Urbaneja, por apoyarme en esta etapa de mi vida, con quienes he compartido momentos agradables.

Joann Abreu

RESUMEN

El área de estudio se ubica en la cuenca hidrográfica del río Candelaria, está ubicada al Sureste de Ciudad Bolívar, Municipio Heres del estado Bolívar. Se extiende desde las inmediaciones Hato Viejo y las poblaciones de Angosturita y la laguna La Romanera. La investigación tiene como objetivo general estudiar geoquímicamente a nivel exploratorio el río Candelaria utilizándose la siguiente metodología para estudiar las unidades y estructuras geológicas así como las características químicas y/o mineralógicas de la zona e identificar la presencia de posibles anomalías geoquímicas. Para ellos se recolectaron treinta y seis (36) muestras de sedimentos y seis (6) de las rocas representativas en las estaciones bases o principales que se plasmaron en el mapa. Estas muestras fueron llevadas al Laboratorio de Geociencias, para su preparación y así aplicando el método de espectrometría de absorción atómica para detectar las concentraciones de Cadmio, Cinc, Cobalto, Cobre, Cromo, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Níquel, Plomo y Titanio, también se realizaron análisis mineralógicos a sedimentos para determinar los minerales presentes y petrográficos para las rocas recolectadas. Se aplicó el estudio estadístico de Caja Gráfica, se determinaron algunos valores que no llegan a ser anomalías pero si son representativos por sus minerales como el Hierro, Cromo y Plomo, producto de las relativamente altas concentraciones de estos metales en las rocas de la zona. En los análisis mineralógicos se encontró Cuarzo, Feldespatos, Minerales opacos, Gneis e Ilmenita en un promedio de 75%, 5%, 2%, 1 y 2% respectivamente. Las unidades geológicas identificadas en la zona son Complejo Imataca, la Formación Mesa y los sedimentos Recientes y las fuentes generadoras de los minerales identificados son provenientes de las rocas de la Provincia de Imataca y la Formación Mesa. Del estudio y tratamiento estadístico por cajas gráficas de los datos obtenidos, se determinaron valores altos para el Cromo una concentración de 2685 ppb muestra MS1 y 2642 ppb MS2, el plomo pudimos identificar la mayoría de las muestras de la estación 4 a la estación 6 como altas y para el Hierro de 3263 ppm muestra MS1 y 3243 ppm MS2, considerándose estos como pertenecientes a valores de fondo, producto de las relativamente altas concentraciones de estos metales en las rocas de la zona.

CONTENIDO

HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN.....	vii
CONTENIDO	viii
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABLAS	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
SITUACIÓN A INVESTIGAR	2
1.1 Situación u objeto de estudio	2
1.2 Objetivos de la investigación	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Justificación de la investigación.....	4
1.4 Limitaciones	4
CAPÍTULO II	5
GENERALIDADES	5
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	5
2.2 Accesibilidad al área de estudio.....	5
2.3 Características físico – naturales	6
2.3.1 Clima	6
2.3.2 Precipitación.....	6
2.3.3 Evaporación.....	7
2.3.4 Temperatura media.....	8
2.3.5 Humedad relativa media	9

2.3.6 Presión media	10
2.3.7 Insolación media	11
2.3.8 Radiación media.....	12
2.3.9 Drenaje	13
2.3.10 Vegetación.....	14
2.3.11 Fauna	17
2.3.12 Suelos	18
2.3.13 Geomorfología	18
2.4 Geología regional	22
2.4.1 Provincia geológica de Imataca	22
2.4.2 Formación Mesa.....	24
2.4.3 Sedimentos recientes.....	28
CAPÍTULO III	30
MARCO TEÓRICO	30
3.1 Antecedentes	30
3.2 Definición de términos básicos	30
3.2.1 Mapa.....	30
3.2.2 Estructuras geológicas.....	31
3.2.3 Sondeo geotécnico	31
3.2.4 Muestreo geoquímico.....	31
3.2.5 Geoquímica	32
3.2.6 Valores normales de fondo	32
3.2.7 Valor umbral	33
3.2.8 Anomalías geoquímicas	35
3.2.9 Métodos analíticos y sus aplicaciones.....	41
3.2.10 Parámetros estadísticos	43
3.2.11 Rocas ígneas.....	44
3.2.12 Rocas metamórficas	48
CAPÍTULO IV	51
METODOLOGÍA DE TRABAJO	51
4.1 Tipo de investigación	51

4.2	Diseño de investigación	51
4.3	Recopilación de información bibliográfica y cartográfica.....	52
4.4	Identificación de las unidades geológicas correspondientes al área en estudio	54
4.5	Identificación de las estructuras geológicas presentes en el área de estudio	54
4.6	Determinación de las características químicas de los sedimentos a través del método estadístico	56
4.7	Determinación de las características mineralógicas de los sedimentos presentes en la cuenca del río Candelaria	58
4.8	Análisis químico a las rocas presentes en el área de estudio	58
4.9	Determinación de las características petrográficas de las rocas presentes en el área de estudio.....	59
4.10	Aplicación de un método estadístico apropiado en la determinación de las anomalías presentes.....	60
4.11	Determinación de las fuentes de minerales en la cuenca de estudio.....	61
4.12	Elaboración de los mapas correspondientes a los aspectos geológicos y a las áreas del muestreo	61
CAPÍTULO V		63
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS		63
5.1	Identificación de las unidades geológicas correspondientes al área en estudio	63
5.1.1	Provincia Geológica de Imataca.....	63
5.1.2	Formación Mesa.....	64
5.1.3	Sedimentos Recientes.....	65
5.2	Identificación de las estructuras geológicas presentes en el área de estudio	66
5.3	Determinación de las características químicas de los sedimentos a través del método estadístico	67
5.3.1	Cadmio	69
5.3.2	Zinc	70
5.3.3	Cobalto	71
5.3.4	Cobre	73
5.3.5	Cromo.....	75
5.3.6	Hierro	76
5.3.7	Manganeso	78
5.3.8	Molibdeno	79

5.3.9 Níquel.....	81
5.3.10 Plomo	82
5.3.11 Titanio	84
5.3.12 Rocas	85
5.4 Determinación de las características mineralógicas de los sedimentos de la cuenca del río Candelaria	87
5.5 Análisis químico de las rocas presentes en el área de estudio	89
5.6 Análisis petrográfico de las rocas presentes en el área de estudio.....	90
5.6.1 Muestra: ST3-MR1	91
5.6.2 Muestra: ST1-MR2	92
5.6.3 Muestra: ST4-MR1	93
5.6.4 Muestra: ST2-MR1	94
5.6.5 Muestra: ST1-MR1	95
5.6.6 Muestra: ST2-MR2	97
5.7 Determinación de las posibles fuentes de minerales en la cuenca de estudio... 98	
5.8 Elaboración de los mapas correspondientes a los aspectos geológicos y a las áreas del muestreo	99
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101
Conclusiones	101
Recomendaciones.....	103
REFERENCIAS	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Vías de accesos a la cuencas altas, medias y bajas.....	6
Figura 2.2. Distribución temporal de la precipitación media mensual (mm) durante el período climático 1.994-2.007. (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).....	7
Figura 2.3 Distribución temporal de la precipitación media mensual (mm) durante el período climático 1.994-2.007. (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).....	8
Figura 2.4 Distribución temporal de la temperatura media mensual (°C) durante el período climático 1.994-2.007. (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).....	9
Figura 2.5 Distribución temporal de la humedad relativa (%) durante el período climático 1.994-2.007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).....	10
Figura 2.6 Distribución temporal de la presión media (hPa) durante el período climático 1.994- 2.007. (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).....	11
Figura 2.7 Distribución temporal de la insolación media (h/sol) durante el período climático 1.994-2.007. (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).....	12
Figura 2.8 Distribución temporal de la Radiación media (Cal/cm x día) durante el período climático 1.994-2.007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).....	13
Figura 2.9 Vegetación de sabana que caracteriza a la cuenca del río Candelaria.(C.V.G –TECMIN, 1991).....	15
Figura 2.10 Vegetación de bosque de galería que caracteriza a la cuenca del río Candelaria. (C.V.G –TECMIN, 1991).....	17
Figura 2.11 Mapa geológico generalizado del escudo de Guayana mostrando la ubicación y extensión de la Provincia de Imataca. (Modificado de Mendoza, 2000).	23
Figura 2.12 Mapa geológico esquemático del Complejo de Imataca. (Mendoza V, 2000).	24
Figura 2.13 Extensión geográfica de la Formación Mesa (Modificada de PDVSA-Intevep, 1997-2005).	29
Figura3.1 Clasificación de las rocas ígneas. (Campal y Schipilov, 2.004).....	47
Figura 4.1 Flujograma de la metodología de trabajo.	53
Figura 5.1 Afloramiento de gneis con exfoliación del complejo Imataca.	64
Figura 5.2 Sedimentos recientes y afloramiento del Complejo de Imataca ubicado en la cuenca alta del río Candelaria.	66
Figura 5.3 Dique cuarzo ubicado en la cuenca media (balneario Candelaria).....	67
Figura 5.4 Distribución de las concentraciones de Cadmio.....	69

Figura 5.5 Distribución de concentraciones en diferentes secciones en la cuenca.	70
Figura 5.6 Distribución de concentraciones de Cinc (Zn).	71
Figura 5.7. Distribución de concentraciones en diferentes secciones en la Cuenca. ..	71
Figura 5.8 Distribución de las concentraciones de Cobalto.....	72
Figura 5.9 Distribución de las concentraciones de Cobalto a lo largo de la cuenca. ..	73
Figura 5.10 Distribución de las concentraciones de Cobre.....	74
Figura 5.11 Distribución de las concentraciones de Cobre en diferentes secciones en la cuenca.....	74
Figura 5.12 Distribución de las concentraciones de Cromo.	75
Figura 5.13 Distribución de las concentraciones de Cromo.	76
Figura 5.14 Distribución de las concentraciones de Hierro	77
Figura 5.15 Distribución de las concentraciones de Hierro en diferentes secciones de la cuenca.....	77
Figura 5.16 Distribución de las concentraciones de Manganeso.	78
Figura 5.17 Distribución de las concentraciones de Mn en Diferentes secciones en la cuenca.....	79
Figura 5.18 Distribución de las concentraciones de Molibdeno.....	80
Figura 5.19 Distribución de las concentraciones de Mo en distintas secciones de la cuenca.....	80
Figura 5.20 Distribución de las concentraciones de Níquel.....	81
Figura 5.21 Distribución de las concentraciones de Ni en diferentes secciones en la cuenca.....	82
Figura 5.22 Distribución de las concentraciones de Plomo.	83
Figura 5.23 Distribución de las concentraciones de Pb en distintas secciones de la cuenca.....	83
Figura 5.24 Distribución de las concentraciones de Titanio.	84
Figura 5.25 Distribución de las concentraciones de Ti en distintas secciones de la cuenca.....	85
Figura 5.26 Valores porcentuales de elementos estudiados en las rocas.	86
Figura 5.27 Muestra: ST3-MR1 Vista bajo el microscopio con analizador. (Foto tomada con nicoles cruzados. Ocular: Bx; Objetivo: plan 25/0.08 pol.).	92
Figura 5.28 Muestra: ST1-MR2, vista bajo el microscopio con analizador. (Foto tomada con nicoles cruzados. Ocular: Bx; Objetivo: plan 25/0.08 pol.).	93

Figura 5.29 Muestra: ST4-MR1. A) Vista bajo el microscopio con analizador. B) Vista bajo el microscopio con analizador (Foto tomada con nicoles cruzados. Ocular: Bx; Objetivo: plan 25/0.08 pol.).	94
Figura 5.30 Muestra: ST2-MR1. A) Vista bajo el microscopio con analizador. B) Vista bajo el microscopio con analizador (Foto tomada con nicoles cruzados. Ocular: Bx; Objetivo: plan 25/0.08 pol.).	95
Figura 5.31 Muestra: ST1-MR1. Gneis. (Foto tomada con nicoles cruzados. Ocular: Bx; Objetivo: plan 25/0.08 pol.).	96
Figura 5.32 Muestra: ST2-MR2. Gneis. (Foto tomada con nicoles cruzados. Ocular: Bx; Objetivo: plan 25/0.08 pol.).	98

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Datos climatológicos (precipitación) del área de Ciudad Bolívar período 1994-2007. *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa. (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).	7
Tabla 2.2 Datos climatológicos (evaporación) del área de Ciudad Bolívar período 1994-2007. *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa. (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).	8
Tabla 2.3 Datos climatológicos (temperatura) del área de Ciudad Bolívar período 1994-2007. Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa. (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar). *.....	9
Tabla 2.4 Datos climatológicos (humedad relativa) del área de Ciudad Bolívar período 1994-2007. *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa. (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).	10
Tabla 2.5 Datos climatológicos (presión) del área de Ciudad Bolívar período 1994-2007 *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa. (Estación Meteorológica – Ciudad Bolívar).	11
Tabla 2.6 Datos climatológicos (insolación) del área de Ciudad Bolívar período 1994-2007. *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa. (Estación Meteorológica – Ciudad Bolívar).	12
Tabla 2.7 Datos Climatológicos (Radiación) del Área de Ciudad Bolívar período 1994-2007*Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa. (Estación Meteorológica – Ciudad Bolívar).	13
Tabla 3.1 Abundancia normal de los elementos químicos en rocas de la corteza terrestre (Rose et al., 1979).	34
Tabla 5.1 Composición química de los sedimentos de la cuenca del río Candelaria. Las concentraciones están expresadas en partes por billón (ppb) para el Cd: Cadmio, Zn: Zinc, Co: Cobalto, Cu: Cobre, Cr: Cromo, Mo: Molibdeno, Ni: Niquel y Pb: Plomo y partes por millón (ppm) para el Fe: Hierro, Mn: Manganeso y Ti: Titanio...	68
Tabla 5.2 Concentraciones de los elementos químicos analizados.....	86
Tabla 5.3 Muestra 1.....	87
Tabla 5.4 Muestra 2.....	87
Tabla 5.5 Muestra 3.....	88
Tabla 5.6 Muestra 4.....	88
Tabla 5.7 Muestra 5.....	88
Tabla 5.8 Muestra 6.....	88

Tabla 5.9 Composición química en ppm de rocas del complejo de Imataca, cuenca del río Candelaria.....	89
---	----

INTRODUCCIÓN

El área de estudio se ubica en la cuenca hidrográfica del río Candelaria, Sureste de Ciudad Bolívar, Municipio Heres del estado Bolívar. El río candelaria ha sido sometido a diferentes estudios, los mismos no incluyen el área de la geoquímica, por tal razón se realiza un estudio geoquímico a nivel exploratorio y así detectar las posibles anomalías presentes, tanto geológicas como mineralógicas, las cuales fueron analizadas por los distintos métodos químicos, mineralógicos y petrográficos para ver su aprovechamiento económico y poseer información detallada del área de estudio para futuras investigaciones, también se reseñan las características del medio físico-natural de la cuenca del río, en cuanto a clima, vegetación, fauna. Este estudio comprende trabajo de campo, recopilación de la información y análisis de muestras, para tener información importante de la cuenca del río Guaimire y dar base a nuevas investigaciones más exhaustivas.

La investigación está estructurada en cinco (5) capítulos. Capítulo I, en el que se plantea el problema que motivó la investigación, los objetivos para desarrollar la situación y la importancia de la solución de éste. Capítulo II, el cual contiene las generalidades del proyecto.

Capítulo III, corresponde a las bases teóricas necesarias para explicar los fundamentos o teorías utilizadas para el cumplimiento de los objetivos de la investigación. Capítulo IV, donde se explican todos los procesos usados para recopilar la información y se finaliza con el Capítulo V, en el cual se exponen los análisis de los resultados. Cumplidos los cinco (5) capítulos tal y como se exige, se plantearon las conclusiones y recomendaciones que surgieron luego de realizar la investigación.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Situación u objeto de estudio

El río Candelaria. y sus afluentes erosionan y transportan los minerales de las rocas presentes como parte del ciclo natural de las rocas, pudiéndose depositar estos en cuerpos arenosos (barras) de la cuenca del río Candelaria, estos cuerpos arenosos no han sido objeto de estudios exploratorios, donde se trate de definir los rasgos químicos de los mismos, la proporción y distribución en que se encuentran los elementos químicos de interés y donde se pueda reconocer la presencia o no de acumulaciones importantes de estos elementos.

Durante décadas, las técnicas de prospección geoquímica se han utilizado para detectar yacimientos minerales, dado su principio básico, se aplican para divisar la dispersión de un determinado metal y de esta manera definir la fuente de emisión. Se pretende hacer un estudio desde el punto de vista geoquímico en la cuenca del río Candelaria aplicando estos principios para evaluar las posibles anomalías, su dispersión y distribución en la cuenca, haciendo un seguimiento de estas características podríamos determinar cómo ha ido el transporte o trayectoria de estos minerales; este seguimiento permitiría la ubicación de las posibles fuentes mineralizadas o de emisión.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Estudiar geoquímicamente, a nivel exploratorio, la cuenca del río Candelaria. Municipio Heres del estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Identificar las unidades geológicas correspondientes al área en estudio.
2. Identificar las estructuras geológicas presentes en el área de estudio.
3. Determinar las características químicas de los sedimentos presentes en la cuenca del río Candelaria a través de un método estadístico.
4. Determinar las características mineralógicas de los sedimentos presentes en la cuenca del río Candelaria.
5. Analizar químicamente las rocas presentes en el área de estudio.
6. Analizar petrográficamente las rocas presentes en el área de estudio.
7. Determinar las posibles fuentes de minerales en la cuenca de estudio.
8. Elaborar los mapas correspondientes a los aspectos geológicos y a las áreas de muestreo.

1.3 Justificación de la investigación

Con la aplicación de un estudio exploratorio desde el punto de vista geoquímico en la cuenca de río Candelaria, se definirían las particularidades químicas con respecto a la presencia y distribución de posibles anomalías minerales en esta zona, lográndose de esta manera, un estudio amplio de la cuenca de este río permitirá obtener toda la información necesaria para definir el comportamiento del terreno y las unidades geológicas que la conforman, conociendo sus características geológicas y geoquímicas para ampliar los conocimientos académicos por medio de esta investigación.

1.4 Limitaciones

1. Dificultad de acceso a la zona de estudio, debido a las pocas y deficientes vías de penetración.
2. Falta de transporte para trasladarse a la zona de estudio.
3. Falta de autorización para el acceso a áreas privadas por las cuales pasa el río.
4. Dificulta en la obtención de recursos y/o equipos técnicos necesarios para la recolección de información

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

La cuenca hidrográfica del río Candelaria se encuentra en la parte Norte-central del Escudo de Guayana, localizada políticamente en el Municipio Heres del estado Bolívar. La naciente del río se sitúa cercanos al Hato la Tigra en el punto de coordenadas geográficas correspondientes a 7°55'50" de latitud Norte y 63°17'45" de longitud Oeste, y sus aproximadamente 37 km de distancias, desemboca en el río Orinoco hacia los 8°11'50" de latitud Norte y 63°23'50" de longitud Oeste.

2.2 Accesibilidad al área de estudio

El acceso al área de estudio se efectúa a través de la carretera nacional Ciudad Bolívar-Km. 70 que permite el acceso directo a la cuenca media del río y por medio de carreteras de arena se accede a la cuenca alta o naciente del río por el poblado de La Tigra o bien a través de la autopista nacional Ciudad Bolívar-Puerto Ordaz que conduce a la desembocadura o cuenca baja del mismo. (Figura 2.1).



Figura 2.1 Vías de accesos a la cuencas altas, medias y bajas.

2.3 Características físico – naturales

2.3.1 Clima

El clima reinante en el área de estudio es de tipo subtropical húmedo, que se divide en: estación lluviosa larga que se extiende desde el mes de Mayo hasta Octubre, estación lluviosa corta que comprende desde Noviembre hasta Diciembre y una estación seca que se extiende desde el mes de Enero hasta Abril. (C.V.G – TECMIN, 1991).

2.3.2 Precipitación

Sucedan dos períodos estacionales propios del área que son: una estación lluviosa cuyo período de lluvia inicia en el mes de Mayo y termina en el mes de Noviembre, en donde los meses de mayor precipitación se encuentra de Junio a Agosto con una lluvia entre (170,07 – 149,90) mm y una estación de sequía con una precipitación mínima de 16,19 mm para el mes de Febrero y una máxima de 31,62 mm para el mes de Abril. (Tabla 2.1 y Figura 2.2).

Tabla 2.1 Datos climatológicos (precipitación) del área de Ciudad Bolívar período 1994-2007. *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa. (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).

	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Media
Precipitación (mm)	1994-2007	31,61	16,19	16,69	24,43	106,21	170,07	184,48	149,90	89,21	59,45	59,98	31,62	98,22

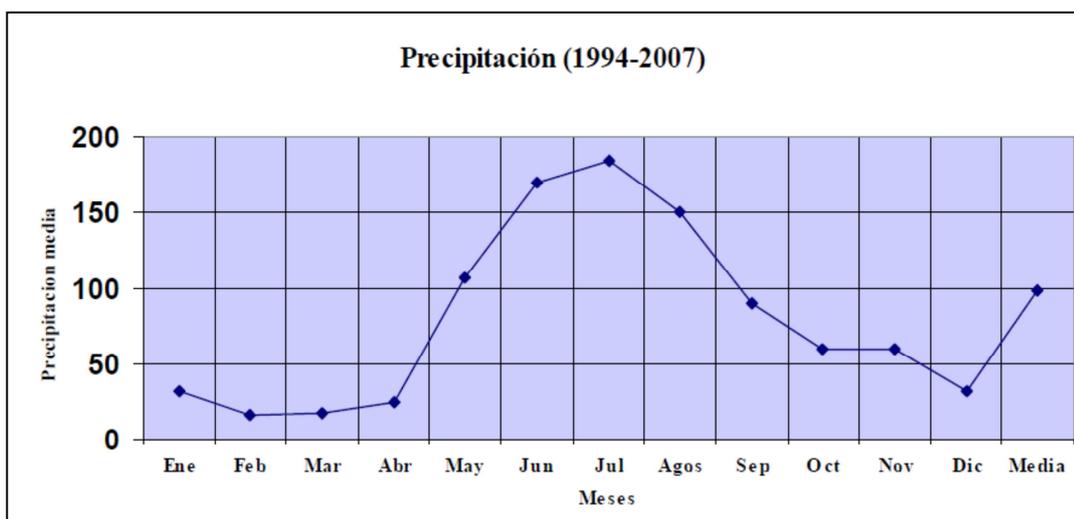


Figura 2.2. Distribución temporal de la precipitación media mensual (mm) durante el período climático 1.994-2.007. (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).

2.3.3 Evaporación

La evaporación total media de la zona durante el período 1994-2007 fue de 103,72 mm; siendo la máxima presentada entre los meses Febrero y Abril y la mínima entre los meses Junio y Septiembre. (Tabla 2.2 y Figura 2.3).

Tabla 2.2 Datos climatológicos (evaporación) del área de Ciudad Bolívar período 1994-2007. *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa. (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).

	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Media
Evap. Total (mm)	1994-2007	133,16	141,59	147,52	139,36	107,61	73,64	72,80	79,05	92,79	104,90	94,27	112,05	103,72

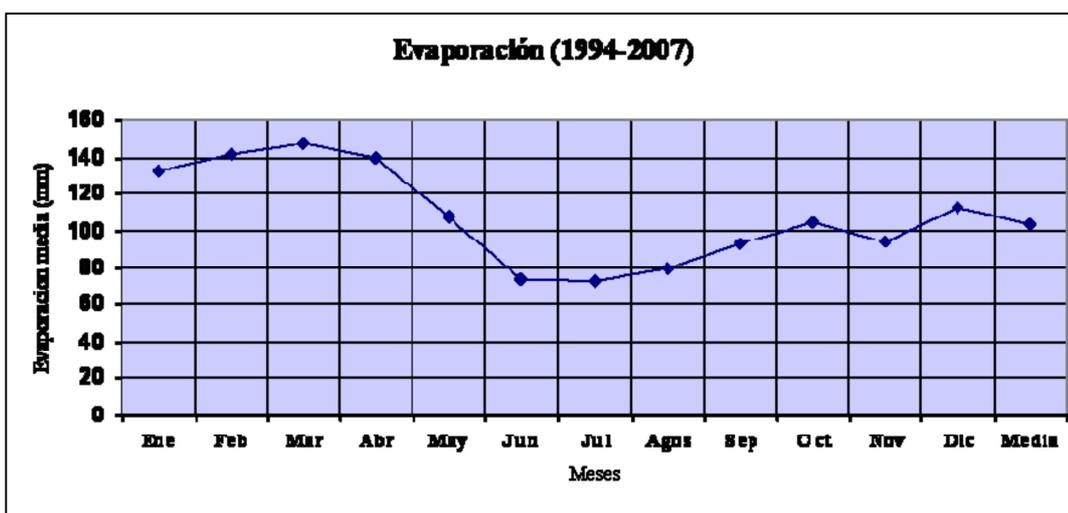


Figura 2.3 Distribución temporal de la precipitación media mensual (mm) durante el período climático 1.994-2.007. (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).

2.3.4 Temperatura media

La temperatura media anual es de 27,08 ° C para el período 1994-2007, las máximas temperaturas se presentan en el mes de Mayo con 28,51 ° C, y las mínimas en el mes de Enero con 24,95° C. (Tabla 2.3 y Figura 2.4).

Tabla 2.3 Datos climatológicos (temperatura) del área de Ciudad Bolívar período 1994-2007. Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa. (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar). *

	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Media
Temperatura (°C)	1994-2007	24,95	25,28	28,26	27,06	28,51	27,19	26,98	27,38	27,98	28,24	25,58	25,02	27,08

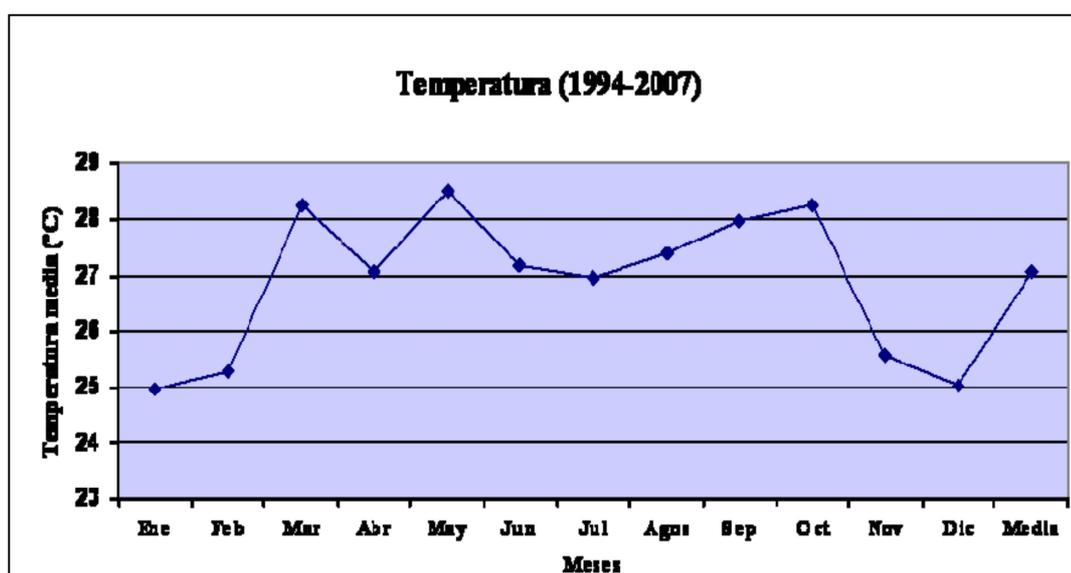


Figura 2.4 Distribución temporal de la temperatura media mensual (°C) durante el período climático 1.994-2.007. (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).

2.3.5 Humedad relativa media

La humedad relativa media anual para el período 1994-2007 se registró en 70,85 %, siendo la máxima de 84,71 % para el mes de Julio y la mínima en el mes de Febrero con 69,64%. (Tabla 2.4 y Figura 2.5).

Tabla 2.4 Datos climatológicos (humedad relativa) del área de Ciudad Bolívar período 1994-2007. *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa. (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).

	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Media
Humedad Relativa Media (%)	1994-2007	72,14	69,64	71,64	71,64	76,86	83,36	84,71	80,93	80,08	79,00	74,77	74,54	70,85

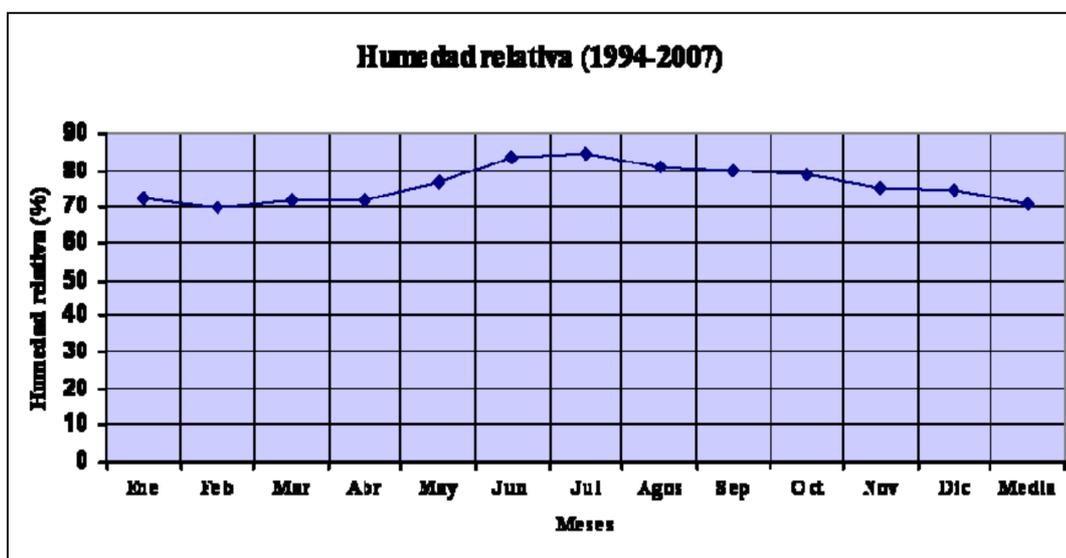


Figura 2.5 Distribución temporal de la humedad relativa (%) durante el período climático 1.994-2.007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).

2.3.6 Presión media

La presión media anual registrada para el período 1994-2007 es de 12,05 hPa, la máxima registrada es de 17,03 hPa para el mes de Junio y la mínima de 6,92.0 hPa para el mes de Noviembre. (Tabla 2.5 y Figura 2.6).

Tabla 2.5 Datos climatológicos (presión) del area de Ciudad Bolívar período 1994-2007 *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa. (Estación Meteorológica – Ciudad Bolívar).

	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Media
Presión Media h Pa*	1994-2007	9,44	9,63	9,78	14,84	9,94	17,03	12,82	16,74	9,32	8,56	6,92	8,77	12,05

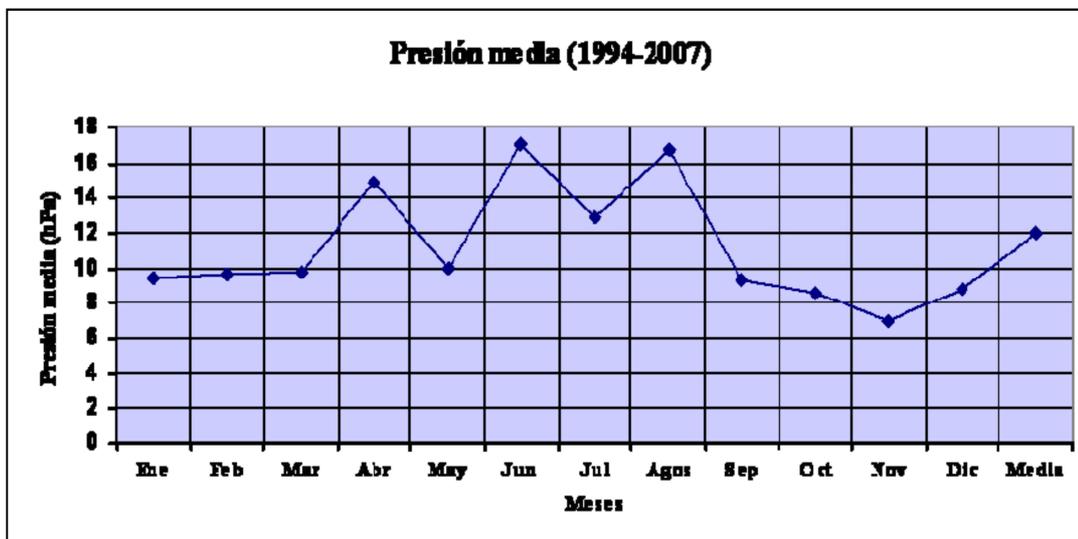


Figura 2.6 Distribución temporal de la presión media (hPa) durante el período climático 1.994- 2.007. (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).

2.3.7 Insolación media

La insolación media para el período 1994-2007 fue de 7,52 horas. Los máximos valores se presentan en el mes de Marzo con 8,26 horas y la mínima de 5,86 horas para el mes de Junio. (Tabla 2.6 y Figura 2.7).

Tabla 2.6 Datos climatológicos (insolación) del área de Ciudad Bolívar período 1994-2007. *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa. (Estación Meteorológica – Ciudad Bolívar).

	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Media
Insolación Media (h/sol)	1994-2007	6,86	7,86	8,26	6,71	6,89	5,86	6,87	6,93	8,02	8,03	7,82	7,03	7,52

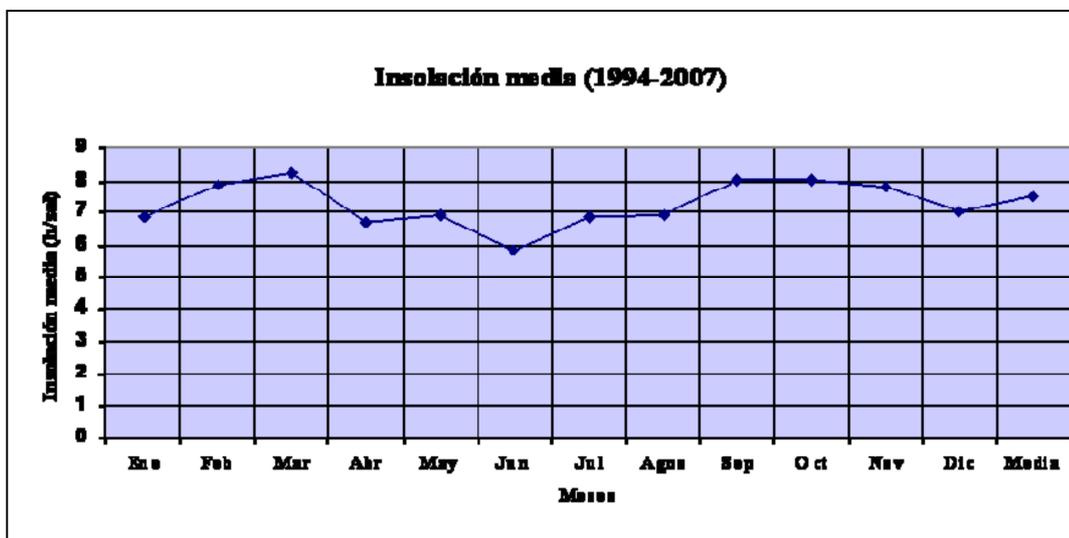


Figura 2.7 Distribución temporal de la insolación media (h/sol) durante el período climático 1.994-2.007. (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).

2.3.8 Radiación media

La radiación media anual registrada es de 12,53 cal/cm²x día, la máxima registrada es de 15,65 cal/cm²x día en el mes de Marzo y la mínima se presenta en el mes de Diciembre con 8,84 cal/cm²x día. (Figura 2.8). (Tabla 2.7).

Tabla 2.7 Datos Climatológicos (Radiación) del Área de Ciudad Bolívar período 1994-2007*Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa. (Estación Meteorológica – Ciudad Bolívar).

	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Media
Radiación Media (Cal/cm ² x día)	1994													
	2007	13,44	13,22	15,65	15,05	13,19	12,97	13,00	12,50	13,72	12,68	11,80	8,84	12,53

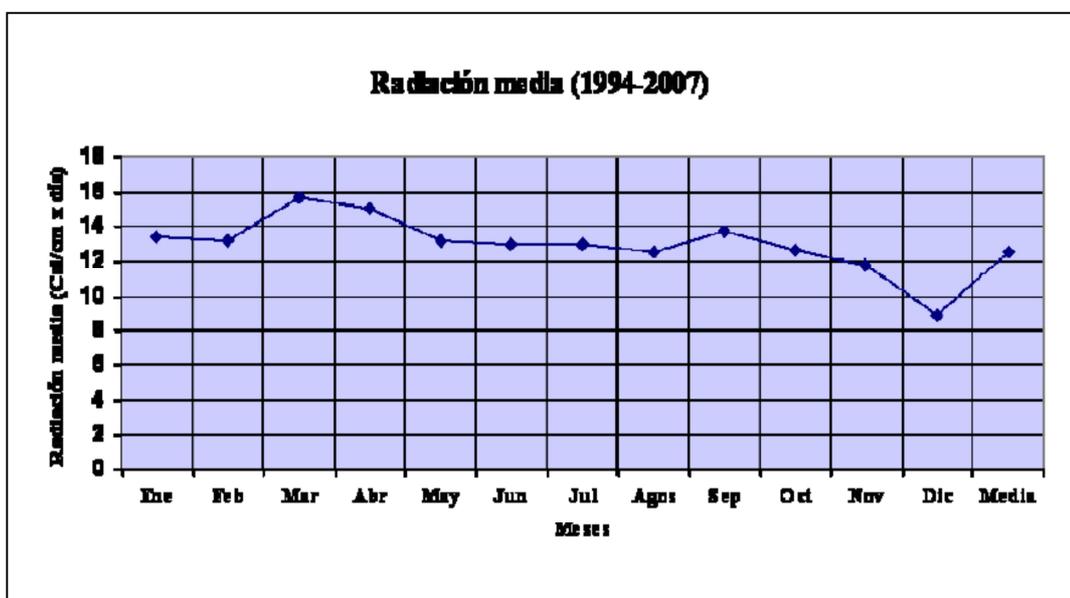


Figura 2.8 Distribución temporal de la Radiación media (Cal/cm x día) durante el período climático 1.994-2.007 (Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).

2.3.9 Drenaje

El drenaje que predomina en la zona es la cuenca del río Candelaria, formada por un sistema dendrítico de densidad permanente en toda la cuenca. Igualmente, hacia la desembocadura se observan cuerpos mayores de agua que forman lagunas

permanentes. Estas lagunas de agua se encuentran en zonas de peniplanicie sometidas a régimen de inundación durante la estación lluviosa. (C.V.G. – TECMIN, 1991).

2.3.10 Vegetación

La cuenca del río Candelaria posee una arborescencia típica del suelo sabanero. El área se caracteriza por presentar una vegetación con comunidades desiduas a semidesiduas, asociadas a condiciones de drenaje excesivo, que se traduce en una muy baja disponibilidad de agua para las plantas. La vegetación presente en el área de estudio es típica de sabana, y prevalecen dos tipos:

2.3.10.1 Vegetación de sabana con chaparro: La vegetación con chaparro se caracteriza principalmente por dos tipos de vegetación: la vegetación herbácea, que está constituida por una cobertura graminiforme de baja altura, entre la cual las especies más abundantes son la paja peluda (*Trachypogon plumosus*), escobilla (*Ecoparia dulcis*), dormidera (*Mimosa dorens*), etc. y la vegetación arbustiva que está conformada por árboles de 2 a 4 metros de altura (TECMIN, op. cit.). Entre la vegetación arbustiva se mencionan el chaparro (*Curatella 22 22 americana*), chaparro manteco (*Bowdichia virgilioides*), mandinga (*Roupals complicata*), y en proporción menor el mango (*Mangifera indica*), etc. (TECMIN, op. cit). (Figura 2.9)



Figura 2.9 Vegetación de sabana que caracteriza a la cuenca del río
Candelaria.(C.V.G –TECMIN, 1991).

2.3.2.2 Vegetación de bosques de galería: A lo largo de las zonas húmedas, específicamente en los márgenes de los ríos, se presentan una cobertura vegetal; arborescencia de tipo selvático, denominada “Bosque de Galería”. (TECMIN, op. cit). El bosque es de cobertura media a alta, siendo las especies que lo caracterizan *Randia espinosa*, *R. nítida*, *Cupania scrobiculata*, *Erytroxylum cf. Raimondi*, *Psidium guanensis*, *Olyra ciliatifolia*, *Senna cf. Multijuga*, *Amaioua sp.*, *Guapira ferruginea*, *C. Sylvestris*, *Genipa americana*, *Calliandra sp.*, *Pereskia sp.*, *Cortón sp.*, *Bromelia sp.* y *Astronium lecontii* (Orsetti, 2001.). Las especies arbóreas más importantes son la *Copaifera officinalis* (Aceite), *Cochlospermum orinocense*, *Tapirira guianensis* (Patillo), *Mauritia fleuxosa* (Moriche), *Xylopia aromática* (Fruta de burro), *Protium sp.* 23 23 (Tacamajaca), *Jacaranda obtusifolia* (San José), *Vitex compressa* (Totumillo), *Lonchocarpus sp.* (Mahomo), *Myriospermum frutescens* (Cereipo), *Spondias monbin* (Jobo), *Casearia sp.* (Punternal) y *Caesalpinia corianía* (Dividive). (Orsetti y Romero, 2005). (Figura 2.10).



Figura 2.10 Vegetación de bosque de galería que caracteriza a la cuenca del río Candelaria. (C.V.G –TECMIN, 1991).

2.3.11 Fauna

La fauna silvestre en el área de estudio es relativamente escasa y se encuentra ampliamente distribuida en el resto de la región. Las especies más comunes son: monos, venados, cunagueros, onzas, cachicamos, serpientes y lagartijas. La presencia de algunas de estas especies es confirmada por informantes locales y habitantes de la zona. (C.V.G. – TECMIN, 1991).

2.3.12 Suelos

En la zona de estudio la cobertura del suelo es mayormente areno-arcilloso rojizo a moteado y arenosos de color marrón claro, y a mayor profundidad son de colores amarillentos, grises y blancos. Los suelos que se han desarrollado en esta zona son producto de la sedimentación fluvio-deltaica que ocurrió durante el pleistoceno. En menor proporción se observan suelos residuales de color rojizo de aspecto arcillo-arenosos que comúnmente rodean a los cuerpos Graníticos más meteorizados. Los principales suelos, de acuerdo a la Taxonomía de Suelos Norteamericanos (Soil Survey Staff, 1992) son los Ultisoles que pertenecen al Orden Ultisol, específicamente a los Sub – Grupos Arenic y Grossarenic Kandistults (suelos arcillosos y ácidos con bajo contenido de bases intercambiables, por lo que su fertilidad y permeabilidad es escasa), asociados a afloramientos rocosos, lo que va a sustentar una vegetación herbácea o arbustiva. (C.V.G. – TECMIN, 1991).

Estos suelos se desarrollan desde muy superficiales (menos de 10 cm.), hasta niveles un poco más profundos (1,5 metros). Poseen horizontes A (3–40 cm.) cuyos colores en húmedos varían desde negro y marrón grisáceo muy oscuro hasta marrón amarillento; este horizonte, generalmente, suprayace los estratos rocosos o al horizonte C, el cual ocurre a profundidades variables (4–50 cm.) con colores que varían desde marrón a amarillo.

2.3.13 Geomorfología

La superficie de la Formación Mesa ha sido moldeada, en especial las arenas no consolidadas que se ven más afectadas por las aguas de escorrentías desarrollando estructuras erosivas como: conos de derrubios, terrazas aluviales y denominadas cárcavas, estas últimas poseen rasgos particulares de depresiones, que se van haciendo cada vez más extensas (Franzone y Medina, 1998).

Las mayores elevaciones en la cuenca del río Candelaria están dominadas por los cerros Candelaria, Montecristo y Buenos Aires. El nivel del terreno desciende paulatinamente de Sur a Norte, esto es, desde la naciente del río Candelaria hasta su desembocadura en el río Orinoco, siguiendo el curso longitudinal general de dicho río Candelaria.

En general, la topografía del área es muy variada, distinguiéndose como rasgos principales las sabanas, las lomas convexas y pronunciadas, los cerros y las terrazas. (Larez G., Haydee L.; Miguel A. Salazar S. y Esteban M. Salcedo V., 1.972).

Hacia la parte Norte y Sur de la cuenca se encuentran grandes extensiones de sabanas suavemente onduladas, con hierbas y arbustos. La monotonía del paisaje se interrumpe a menudo por los afloramientos esparcidos de gneises. Hacia el Noroeste y Suroeste 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 G., Haydee L.; Miguel A. Salazar S. y Esteban M. Salcedo V., 1.972).

Entre las lomas se encuentran áreas onduladas caracterizadas por grandes peñones y superficies redondeadas de rocas provenientes de las cuarcitas ferruginosas. En esa misma área, al Noroeste de la cuenca, se visualizan algunas crestas alargadas y angostas de cuarcitas ferruginosas (formaciones de hierro) cuyo rumbo dominante es hacia el Noroeste (Larez G., Haydee L.; Miguel A. Salazar S. y Esteban M. Salcedo V., 1.972).

En el Oeste, Centro y Este del área se encuentran cerros con altitudes que oscilan entre los 100-300 metros o más (cerros La Tigra, Montecristo, Entremedio), y que presentan corazas protectoras de cuarcita ferruginosa que les confieren una fuerte resistencia a la acción meteórica. También se observan grandes cantidades de

bloques angulares de cuarcita ferruginosa cementadas en una matriz limonítica. Hacia el flanco Norte del Cerro Montecristo se observa una terraza originada por la acumulación de materiales derivados de éste, conformando depósitos de talud. (Larez G., Haydee L.; Miguel A. Salazar S. y Esteban M. Salcedo V., 1.972).

El drenaje en el área se encuentra controlado por las estructuras, en la mayor parte de su recorrido está regido por los sistemas de diaclasas presentes. (Larez G., Haydee L.; Miguel A. Salazar S. y Esteban M. Salcedo V., 1.972).

El drenaje en la naciente del río Candelaria es dendrítico, y se abre paso para enclavarse en los suelos que cubren el área de estudio hasta su desembocadura en el río Orinoco. En la parte inferior del curso, las cabeceras de los afluentes tienen ramificaciones dendríticas, dada por la presencia de paquetes de arcillas de la Formación Mesa, (Candelaria, Juan M., 1.982). Sin embargo, Larez G., Haydee L.; Miguel A. Salazar S. y Esteban M. Salcedo V., 1.972), indican que hacia las cabeceras el drenaje es de tipo “trellis” y luego el drenaje es de tipo enrejado el material aluvional depositado en los valles es escaso y sólo se limita a pequeños depósitos en las márgenes de los ríos.

Por lo tanto en el cauce del río Candelaria se presentan cinco geomorfologías bien diferenciadas: colinas, penillanuras, valles coluvios-aluviales, llanuras aluviales y vegas. El río Orinoco separa las tierras llanas de la parte septentrional y del Sur de la Formación Mesa. Esta última zona el relieve esta delineado por lomas y elevaciones estructurales de rocas precámbricas. (C.V.G – TECMIN, C.A., 1.991).

2.3.13.1 Colinas: Las zonas elevadas o positivas pertenecen a estructuras del Complejo Imataca. Los domos y anticlinales son las predominantes, donde la acción fluvial es menor. Las zonas altas de estos domos o colinas consisten en rocas metamórficas (Cuarzitas ferruginosas) más resistentes a la meteorización y las partes bajas son gneisis félsicos donde la meteorización es muy notoria.

2.3.13.2 Mesas: En esta unidad se diferencian formas variadas que van desde disectadas, mesas conservadas o planas y mesas dismanteladas en colinas. Ocupa la parte Norte del sector los Báez. La unidad de mesa plana, está representada por perfiles rectilíneos un tanto elevados de las planicies afectadas por los fuertes procesos erosivos (cárcavas). La extensión de esta unidad ha ido disminuyendo a causa de la erosión regresiva que se sucede actualmente, para hacer más amplias las zonas disectadas por los barrancos y dar origen a las mesas disectadas. Los paisajes de la unidad de mesas conservadas son los de mayor uniformidad presentando pendientes generalmente varían entre 0-4%. Las hay de origen deposicional y residual. Las importantes en la zona de estudio son las de tipo deposicional y corresponde a la Formación Mesa (que consiste de sedimentos de edad Pli-Pleistoceno). Estas planicies, en parte, han sido disectadas a costa del retroceso progresivo del sistema de cárcavas que las caracterizan. En las mesas disectadas los suelos muy evolucionados (del orden de los ultisoles) y de textura liviana o pesada, los cuales sustentan una vegetación que varía entre matorrales, arbustos, arbustales y herbazales. La unidad está compuesta y se define de acuerdo a dos tipos de relieve: las llanuras aluviales y las vegas. Estas peniplanicies constituyen extensas y continuas áreas en muchas circunstancias interrumpidas por paisajes de lomeríos y montañas. Se ubican por debajo de los 200 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), con pendientes que fluctúan entre 4-16%. Las escorrentías originan erosión intensa en forma de áreas de tierras malas (bad lands), debido a la litología de sedimentos no consolidados.

2.4 Geología regional

La geología regional está representada por lo que se conoce como Provincia Geológica de Imataca, la Formación Mesa y los sedimentos recientes.

2.4.1 Provincia geológica de Imataca

La Provincia Geológica de Imataca se extiende en dirección Suroeste-Noreste desde las proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección Noroeste-Sureste aflora desde el curso del río Orinoco hasta la Falla de Guri por unos 550 Km.y 80 Km. Respectivamente. Litológicamente la Provincia de Imataca está formada por gneises graníticos y granulitos félsicas (60 – 75%), anfibolitas y granulitas máficas, y hasta ultramáficas (15 – 20%), y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro, dolomitas, charnockitas, anortositas y granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales de menos metamorfizados y más jóvenes CRV – TTG gneisicos (El Torno – Real Corona). (Mendoza V, 2.000). (Figuras 2.11 y 2.12).

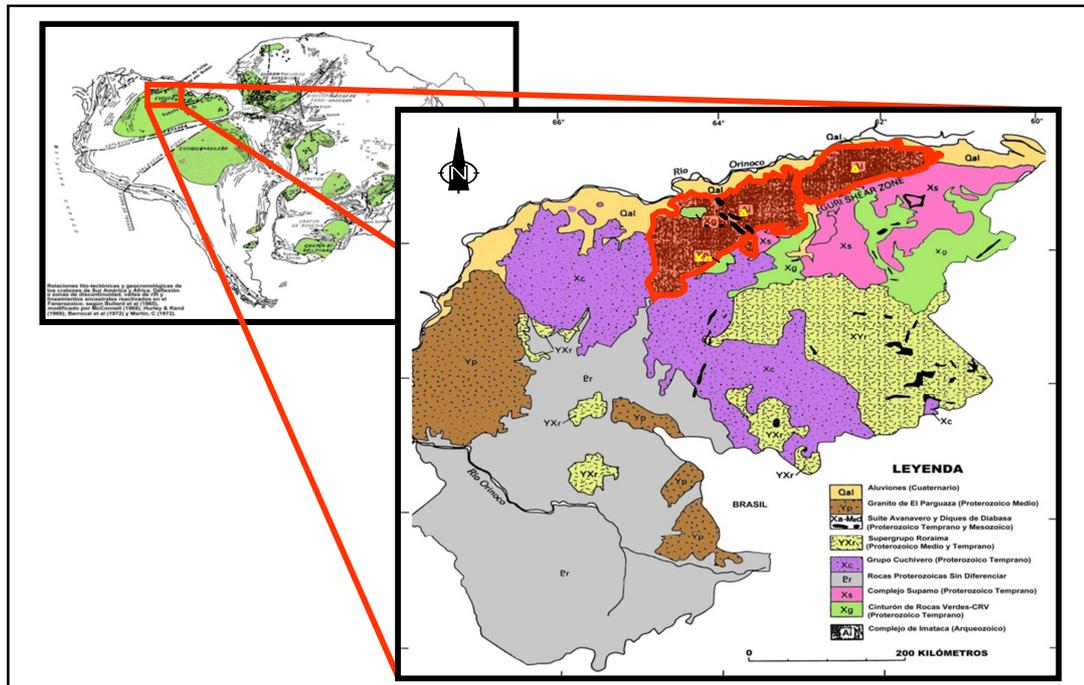


Figura 2.11 Mapa geológico generalizado del escudo de Guayana mostrando la ubicación y extensión de la Provincia de Imataca. (Modificado de Mendoza, 2000).

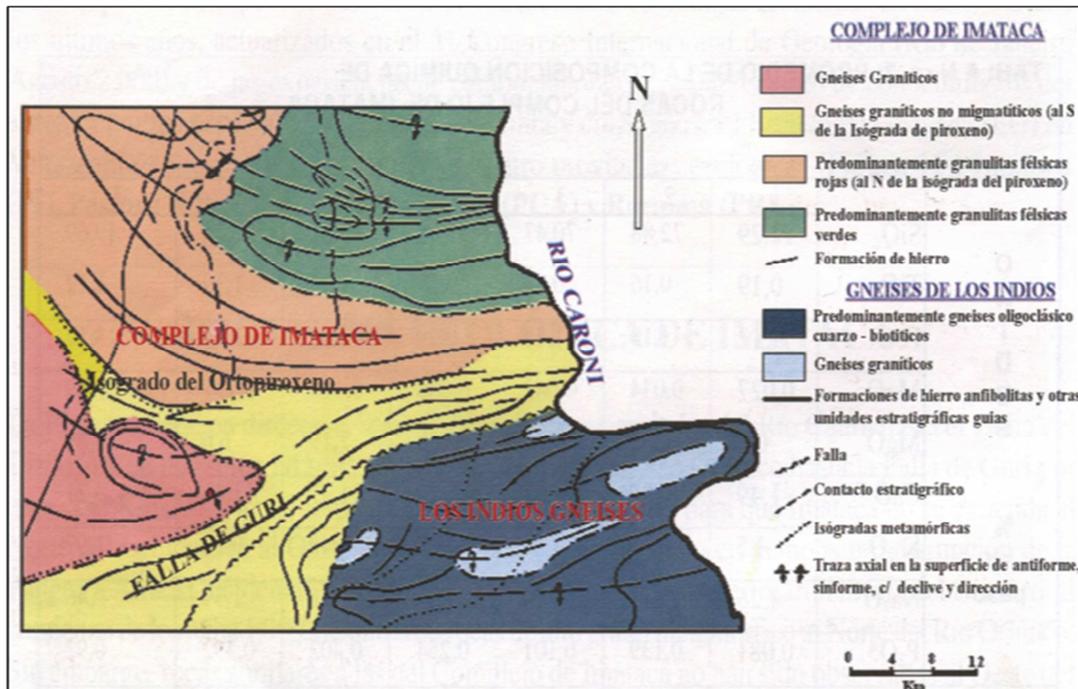


Figura 2.12 Mapa geológica esquemático del Complejo de Imataca. (Mendoza V, 2000).

2.4.2 Formación Mesa

Se extiende por los Llanos Centro-Orientales y Orientales (estados Guárico, Anzoátegui, Monagas), sin embargo se encuentran algunos afloramientos en los estados Sucre y Bolívar (inmediatamente al Sur del río Orinoco) (Figura 2.13). (PDVSA - Intevep, 1997- 2005).

2.4.2.1 Descripción litológica: la Provincia de Imataca está formada por gneises graníticos y granulitas félsicas (60% - 75%), anfibolitas y granulitas máficas, y hasta ultramáficas (15% - 20%) así como cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (BIF), dolomitas, charnockitas, anortositas y granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales de menos metamorfismo y más jóvenes cinturones de rocas verdes – tonalitas trondjemitas y granodioritas (CRV – TTG) gnéisicos. (El Torno – Real Corona). (Mendoza V, 2000). (Tabla 2.1).

Sobre el Complejo de Imataca se observan remanentes erosionales de Cinturón de Rocas Verdes (CRV) similares y correlacionados con los de la región de El Callao. El CRV de la Esperanza lo representa el Grupo Real Corona con basandesitas tipo El Callao y por anfibolitas similares a las del Grupo Carichapo bajo el nombre de Anfibolita de Danta. La Anfibolita de Danta, con tendencia NE, paralela a la Falla de Guri, se extiende hasta río Claro en el río Caroní, donde se le da el nombre de Anfibolita de río Claro. (Mendoza, V. 2000).

Kalliokoski, en *Léxico Estratigráfico de Venezuela (1997-2005)*; introdujo el nombre de Anfibolita de Danta para designar la sección anfibolítica basal de su Serie Real Corona (hoy Grupo), expuesta en el Cerro Danta. La roca es una anfibolita de grano fino a medio y color verde, con andesina y cuarzo, sin epidoto ni clorita; con estructuras locales que pueden presentar almohadillas o brechas con estructuras deformadas de flujo, la unidad exhibe buena lineación mineral, el anfíbol es hornablenda con excelente lineación. Las anfibolitas tienen mineralización dispersa de sulfuros de hierro y escasa mineralización aurífera. Según el mismo autor su edad es Precámbrico, se correlaciona con la Anfibolita de río Claro y con la Formación El Torno. (PDVSA - Intevep, 1997-2005).

Kalliokoski, (1997) en *Léxico Estratigráfico de Venezuela, (1997)* emplea originalmente el término de Anfibolita de río Claro para designar la unidad

constituida por anfibolita de grano fino que se intercala con algunas capas manganesíferas que forma parte del núcleo del sinclinal expuesto en el río claro, en el paso de la carretera Encrucijada-Ciudad Piar y la incluyó en su Asociación Carichapo-Pastora. Menéndez, (1994; 1995) en *Léxico Estratigráfico de Venezuela* sugiere que representa un remanente erosional de un cinturón de rocas verdes y concuerda con la observación hecha por Kalliokoski, quien la correlaciona con su Serie Real Corona - El Torno y con la Anfibolita de Carichapo.

El término Formación Carichapo fué propuesto formalmente por Kalliokoski, (1965) en *Léxico Estratigráfico de Venezuela* (1997), para designar una unidad compuesta esencialmente de anfibolita de grano fino derivada de rocas volcánicas básicas intercaladas con cantidades menores de metajaspes, expuesta desde el Norte de La Paragua al Oeste, hasta los alrededores de Santa María, Miamo y Tumeremo, al Este el nombre es tomado del río Carichapo, donde afloran secciones de la unidad, particularmente su parte anfibolítica, en contacto con el Complejo de Supamo, que se encuentra en el sector del río que corta la serranía de Tomasote.

Chase, (1965) en *Léxico Estratigráfico de Venezuela* (1997), usó el término de Anfibolita de Panamo para designar una secuencia de rocas anfibolíticas que afloran conformando el cerro Panamo, situado 35 kilómetros al Norte del pueblo de El Manteco, el cual lo corta la carretera que une a la Ciudad de Upata con dicho pueblo. El mismo autor señaló su probable sinonimia con la Formación Carichapo, descrita en publicación por Kalliokoski, (1965-a), que fue confirmada por éste.

Menéndez, (1994) en *Léxico Estratigráfico de Venezuela* (1997-2005), revivió el uso del término litodémico de Anfibolita de Carichapo de Kalliokoski (1965-b) para ser aplicado a la unidad constituida de anfibolitas considerada como equivalente lateral del Grupo Carichapo, en aquellas localidades donde sea evidente que el grupo ha sufrido un metamorfismo superior al de los esquistos verdes.

2.4.2.2 Espesor: Es muy variable, pero en términos generales disminuye de Norte a Sur como consecuencia del cambio en la sedimentación fluvial y deltaica, y aumenta de Oeste a Este por el avance de los sedimentos deltaicos. Su espesor máximo puede llegar a alcanzar los 275 metros, mientras que en el estado Bolívar llega a los 80 metros o más. (PDVSA-Intevep, 2005).

2.4.2.3 Contactos: En el estado Bolívar la Formación Mesa suprayace en posición discordante a las rocas 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).

2.4.2.4 Fósiles: En la Formación Mesa se han encontrado fósiles de agua dulce asociados con arcillas ligníticas y restos de madera silificada (xilópalo y sílex xiloideo). (González de Juana et al., 1.980 en PDVSA-Intevep, 1997-2005).

2.4.2.5 Correlación: Los sedimentos de la Formación Mesa gradan hacia el Este a sedimentos de la Formación Paria. (PDVSA-Intevep, 2005).

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

2.4.2.7 Paleoambientes: La Formación Mesa se interpreta como producto de un extenso delta que avanzó hacia el Este en la misma forma que avanza hoy el delta del río Orinoco, depositando secuencias fluviales, deltaicas y paludales. El relieve de las cordilleras septentrionales desarrolló abanicos aluviales que aportaban a la sedimentación clásticos de granos muy gruesos, mientras que desde el Sur el aporte principal fue de arenas. En la zona central se desarrollaron grandes ciénagas, considera que los sedimentos de la formación representan depósitos torrenciales y aluviales contemporáneos con un levantamiento de la Serranía del Interior.

2.4.3 Sedimentos recientes

Estos sedimentos se conforman de materiales provenientes de la disgregación de la Formación Mesa y descomposición de las rocas del Complejo de Imataca, los cuales son transportados y depositados por las aguas de escorrentía y el viento hacia los diferentes ríos de la región. Los materiales comprenden cantos, peñones, gravas, arenas, limos, arcillas, coloides y otras partículas en suspensión que se han depositado desde el Holoceno hasta el presente en el fondo de los cauces de los ríos, formando depósitos de cauce, y en épocas de crecida, originando las barras de meandro y depósitos de inundación. (Figura 2.13).

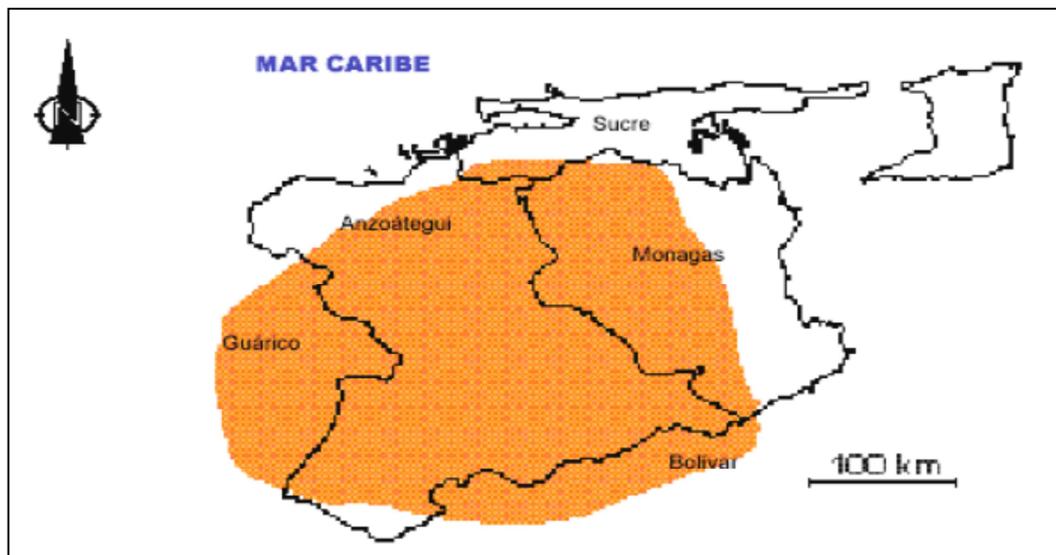


Figura 2.13 Extensión geográfica de la Formación Mesa (Modificada de PDVSA-Intevep, 1997-2005).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

No existen trabajos previos en la zona de estudio, ni en sus alrededores, por lo tanto no se cuenta con ningún tipo de información disponible.

3.2 Definición de términos básicos

3.2.1 Mapa

Un mapa es una representación gráfica y métrica de una porción de territorio sobre una superficie bidimensional, generalmente plana, pero que puede ser también esférica como ocurre en los globos terráqueos. El que el mapa tenga propiedades métricas significa que ha de ser posible tomar medidas de distancias, ángulos o superficies sobre él y obtener un resultado aproximadamente exacto. (Oyarzún, J. 2009).

3.2.1.1 Mapa geológico: Un mapa geológico es la representación de los diferentes tipos de materiales geológicos (rocas y sedimentos) que afloran en la superficie terrestre o en un determinado sector de ella, y del tipo de contacto entre ellos. (Oyarzun, J. 2009).

3.2.2 Estructuras geológicas

La combinación de los diferentes tipos de pliegues y fallas que afectan la corteza terrestre produce la variedad de estructuras observables en la Tierra, como las grandes cadenas de montañas y las cuencas sedimentarias. (Oyarzun, J. 2009).

3.2.3 Sondeo geotécnico

El sondeo geotécnico es un tipo de prospección manual o mecánica, perteneciente a las técnicas de reconocimiento geotécnico del terreno, llevadas a cabo para conocer las características del terreno. Se trata de perforaciones de pequeño diámetro, (entre 65 y 140 mm) que, aunque no permiten la visión "in situ" del terreno, de ellos se pueden obtener testigos del terreno perforado, así como muestras, y realizar determinados ensayos en su interior. (Susanne Griem – Klee, 2008).

3.2.4 Muestreo geoquímico

El muestreo geoquímico es la forma corriente de obtener muestras representativas de un determinado material natural, colectado de una manera estandarizada. La cantidad de material debe estar adecuada a la finalidad del muestreo, a los requerimientos analíticos y a la conservación del remanente en repositorios como material de referencia para futuras investigaciones. La metodología de muestreo condiciona el grado de certidumbre de los resultados y normalmente constituye un porcentaje muy significativo del costo total de un proyecto. En consecuencia, es conveniente establecerla previamente mediante protocolos cuidadosamente elaborados para distintos medios, fines y escalas, (Susanne Griem – Klee, 2008).

3.2.5 Geoquímica

Es la ciencia que se ocupa de dos ramos, la determinación de la abundancia relativa y absoluta de los elementos de la tierra y el estudio de la distribución y de la migración de elementos individuales en varias partes de la tierra con el objetivo de descubrir los principios, que controlan la distribución y la migración de los elementos. (Rose y otros, 1.979).

3.2.5.1 Método geoquímico de exploración: El método geoquímico de exploración o prospección es un método indirecto. La exploración geoquímica a minerales incluye cualquier método basándose en la medición sistemática de una o varias propiedades químicas de material naturalmente formado. El contenido de trazas de un elemento o de un grupo de elementos es la propiedad común, que se mide. El material naturalmente formado incluye rocas, suelos, capas de hidróxidos de Fe formadas por meteorización llamadas 'Gossan', sedimentos glaciares, vegetación, sedimentos de ríos y lagos, agua y vapor. La exploración geoquímica está enfocada en el descubrimiento de distribuciones anómalas de elementos. (Rose y otros, 1.979).

3.2.6 Valores normales de fondo

El término “valores de fondo” se refiere a la abundancia normal de un elemento en los materiales terrestres no mineralizados. Considerando dos diferentes tipos de materiales terrestres la abundancia normal de un distinto elemento en un tipo de material terrestre muy probablemente difiere de su abundancia en otro tipo de material terrestre. La distribución de un distinto elemento en un material terrestre apenas es uniforme. Por esto se recomienda considerar el fondo como un intervalo de valores en vez de tratarlo como un valor absoluto, incluso cuando se observa un ambiente relativamente uniforme. La naturaleza del ambiente por sí misma puede influir en la distribución, puesto que bajo distintas condiciones unos elementos

pueden ser enriquecidos y otros pueden ser empobrecidos. Por consiguiente en el estudio de muestras de un área no conocida se debería determinar o por lo menos tener en cuenta el rango de los valores de fondo.

En el laboratorio las variaciones en la preparación de las muestras, en los análisis del laboratorio y en los reactivos contribuyen al fondo o al ruido del fondo respectivamente. Respecto al depósito mineral, los procesos que modifican el depósito mineral como la migración irregular de fluidos, la meteorización y la erosión influyen en el ruido de fondo. En el terreno efectos antropógenos, como la contaminación del ambiente forman parte del ruido de fondo. Además la influencia de la morfología y la estructura geológica del terreno pueden contribuir al ruido de fondo, (Rose y otros, 1.979). (Tabla 3.1).

3.2.7 Valor umbral

El valor umbral es el valor límite por encima del cual un conjunto de datos se consideran anómalos. Los cortes superior e inferior constituyen el valor umbral. El valor umbral designa la concentración de un elemento indicador sobre el que una muestra se puede considerar anómala. En el caso más sencillo el valor umbral coincide con el límite superior de los valores de fondo, los valores mayores son anomalías, los valores menores pertenecen al fondo.

Tabla 3.1 Abundancia normal de los elementos químicos en rocas de la corteza terrestre (Rose et al., 1979).

Elemento	Símbolo	Abundancia en ppm	Elemento	Símbolo	Abundancia en ppm
Bromo	Br	1,8	Mercurio	Hg	0,02
Cadmio	Cd	0,1	Molibdeno	Mo	1,5
Calcio	Ca	33000	Niobio	Nb	20
Carbono	C	230	Níquel	Ni	75
Cerio	Ce	81	Oro	Au	0,003
Cesio	Cs	3	Oxígeno	O	473000
Cinc	Zn	2	Paladio	Pd	0,01
Circonio	Zr	150	Plata	Ag	0,05
Cloro	Cl	130	Platino	Pt	0,0005
Cobalto	Co	25	Plomo	Pb	10
Cobre	Cu	50	Potasio	K	25000
Cromo	Cr	100	Renio	Re	0,0006
Escandio	Sc	13	Rubidio	Rb	150
Estaño	Sn	80	Selenio	Se	0,1
Estroncio	Sr	300	Silicio	Si	291000
Flúor	F	600	Sodio	Na	25000
Fósforo	P	900	Talio	Tl	0,45
Galio	Ga	26	Tantalio	Ta	2
Germanio	Ge	2	Telurio	Te	0,002
Hafnio	Hf	3	Titanio	Ti	4400
Hierro	Fe	46500	Torio	Th	10
Indio	In	0,1	Uranio	U	2,5
Lantano	La	25	Vanadio	V	150
Litio	Li	30	Volframio	W	1
Magnesio	Mg	17000	Yodo	I	0,15
Manganeso	Mn	1000			

3.2.8 Anomalías geoquímicas

Una anomalía es una desviación con respecto a la norma. Una anomalía geoquímica es una variación de la distribución geoquímica normal correspondiente a un área o a un ambiente geoquímico. Una anomalía se expresa por medio de números, que se pueden separar de un grupo más amplio de números constituyendo el fondo geoquímico. Para ser detectada una anomalía tiene que desviarse claramente de este fondo. En sentido estricto, un depósito mineral como un fenómeno escaso y anómalo por sí mismo es una anomalía geoquímica. La distribución geoquímica relacionada con la génesis o la erosión del depósito mineral también es una anomalía. (Rose y otros, 1979).

3.2.8.1 Tipos de anomalías geoquímicas

- Anomalías epigenéticas en las rocas de caja: Se describen como aureolas químicas, mineralógicas e isotópicas generadas por los procesos de mineralización, de escape y de lixiviación de los elementos a través de los fluidos, que causan la mineralización y que pasan por canales desde el cuerpo mineralizado hacia las rocas de caja. Estas anomalías están superpuestas a las rocas preexistentes y se ubican en las rocas de caja de un cuerpo mineralizado. El desarrollo más extensivo de anomalías epigenéticas se observa cerca de depósitos hidrotermales y canales de transporte de fluidos. La viscosidad baja de los fluidos favorece su penetración a lo largo de fracturas y por intersticios de la roca hacia la roca de caja. Las anomalías epigenéticas están caracterizadas por cantidades anómalas de elementos distribuidas cerca de canales hidrotermales, por la alteración hidrotermal de minerales de las rocas de caja y la lixiviación de elementos en sectores del corrido de los fluidos formadores de la mineralización. Factores que controlan la formación de las aureolas son, entre otros, los gradientes de temperatura, el estado de oxidación de los iones involucrados,

la movilidad de los elementos participantes, los sistemas de fracturas, la permeabilidad y la reactividad de las rocas, (Rose et al, 1979).

- Anomalía causada por difusión de elementos: una aureola de difusión se genera por la difusión de metales disueltos por fluidos intersticiales estacionares hacia la roca de caja de un cuerpo mineralizado como una veta o un dique por ejemplo. Los metales disueltos subsecuentemente son precipitados en o absorbidos por la roca caja.

Los constituyentes disueltos en un fluido realizan movimientos atómicos al azar y tienden a difundir hacia las regiones de concentración más baja. Debido a la velocidad extremadamente pequeña de la difusión el efecto de difusión normalmente es mucho menor en comparación con aquel de la infiltración. En comparación con el efecto de un fluido moviéndose con una velocidad de 0,001mm/s (= 32m/año) por ejemplo el efecto de difusión es despreciable (Rose et al. 1979). En ausencia de un gradiente alto de presión o de una salida hacia una zona permeable el fluido solo podrá pasar lentamente por los poros finos y fracturas de la roca y el efecto de la difusión podría ser significativo.

La naturaleza de una aureola formada por difusión, por absorción y precipitación depende de los siguientes factores:

1. Concentración del elemento difundiéndose desde su fuente: una concentración inicial alta resulta en valores altos a lo largo de un perfil de concentración trazado a partir de la fuente del elemento, es decir, a partir del cuerpo mineralizado hacia la roca caja; una variación de la concentración del elemento en la fuente también influye en la difusión.

2. Intervalo de tiempo en que puede actuar la difusión: tanto más tiempo disponible, tanto más extendida será la aureola de difusión.

3. Naturaleza de reacciones con la roca de caja: en una roca de caja reactiva se desarrollará una aureola pequeña, caracterizada por altas concentraciones de elementos; en una roca caja menos reactiva se desarrollará una aureola de difusión más extendida con concentraciones de elementos más bajas.

4. Porosidad y permeabilidad de la roca caja: una roca caja con alta porosidad y con poros conectados entre sí tiende a hospedar aureolas más extendidas en comparación con una roca menos porosa.

5. Valor de la constante de difusión característica para la especie química (elemento, molécula) y para las condiciones químicas respectivas: generalmente iones pequeños y temperaturas altas tienden a favorecer aureolas grandes.

- Anomalía de corrosión o de lixiviación: un halo de corrosión se causa por fluidos, que pasan por vetas, fracturas e intersticios de la roca y cuyos metales disueltos subsecuentemente son precipitados o absorbidos. Este tipo de transporte se denomina infiltración, las anomalías resultantes se llama anomalías de corrosión o de lixiviación.

La ubicación, las dimensiones y la intensidad de una anomalía de corrosión dependen de los factores siguientes:

1. Corrido del fluido mineralizado: Zonas de fracturas o de alta porosidad en la roca figuran zonas permeables, que favorecen un recorrido rápido en comparación al corrido a lo largo de bordes de granos o en poros de rocas macizas. Normalmente el

corrido de los fluidos hidrotermales está dirigido hacia arriba debido a las presiones elevadas presentes en altas profundidades, sin embargo, no se excluye corridos horizontales o dirigidos hacia abajo.

2. Concentración de los elementos indicadores en el fluido mineralizado: Rose y otros., 1.979, estiman, que los fluidos formadores de los depósitos de los metales básicos comunes, contienen metales en rangos entre 1ppm y 1000ppm. En comparación, las aguas superficiales y subterráneas normalmente están caracterizadas por concentraciones en Cu, Pb y Zn de aproximadamente 0,01 ppm.

3. Influencia de precipitación, absorción, intercambio iónico y de otros procesos al transferir los elementos indicadores de su forma disuelta en el fluido hidrotermal hacia una fase sólida en la roca.

Prácticamente los dos efectos anteriormente descritos, la difusión y la infiltración pueden contribuir a la formación de una anomalía.

En cuanto a la distribución de los elementos por zonas en depósitos minerales epigenéticos y en sus aureolas, estos pueden ser caracterizados de acuerdo a las proporciones de pares de elementos que varían gradual y progresivamente en función con la distancia o de la posición respecto al depósito mineral debido a variaciones en las condiciones de deposición y en el fluido, que genera la mineralización. Las proporciones de metales pueden proveer un medio indicador para la dirección, en que la mineralización se ubica o se vuelve más rica, y un medio para distinguir las raíces de la mineralización de anomalías, que superponen la mineralización.

- Anomalías en aguas: Una distribución anómala de elementos en aguas subterráneas y meteóricas se denomina anomalía hidrogeoquímica. Como

generalmente los elementos son transportados en forma disuelta en las aguas naturales, los elementos más aptos para la exploración geoquímica de aguas son los elementos relativamente móviles. (Oyarzún, J. 2009).

- Anomalías en sedimentos de drenaje: A los sedimentos de drenaje pertenecen los sedimentos de manantiales, de lagos, de llanuras de inundación, los sedimentos activos de corrientes de agua y los sedimentos, que funcionan como filtros para el agua (seepage sediments). (Oyarzún, J. 2009).

Los sistemas de drenaje a menudo parten de manantiales. Los sedimentos situados en la cercanía de los manantiales y los sedimentos de filtración tienden a exhibir anomalías apreciables y por consiguiente estos sedimentos son útiles para una exploración geoquímica. Los sedimentos activos de corrientes de agua incluyen material clástico e hidromórfico de los sectores de filtración, el material clástico erosionado de los bancos de material detrítico situados en los lechos de los ríos y de material hidromórfico absorbido o precipitado por el agua de la corriente. Las anomalías desarrolladas en estos sedimentos activos pueden extenderse varios kilómetros con respecto a su fuente. Los estudios de estas anomalías se utilizan preferiblemente para lograr un reconocimiento general. En el caso de los lagos se estudian los componentes clásticos y el material absorbido o precipitado de los sedimentos. En áreas con una alta cantidad de lagos como en el área del escudo precámbrico de Canadá, modelado por glaciares el estudio geoquímico de los sedimentos de lagos puede ser el método más económico y efectivo para un reconocimiento general.

- Anomalías en suelos residuales: El objetivo del estudio geoquímico de suelos consiste en el reconocimiento de la distribución primaria de elementos seleccionados en las rocas subyacentes. En los suelos residuales generalmente la distribución

primaria se expresa todavía en forma relativamente clara, aún estará modificada por los efectos de varios procesos superficiales. Algunos de estos procesos tienden a homogeneizar el suelo y por consiguiente borrar la distribución primaria como entre otros la helada, la actividad de plantas, la gravedad, la disolución local y la redistribución. Otros procesos contribuyen a la formación de horizontes verticalmente diferenciados, es decir, favorecen la formación de un suelo. Otros procesos, que tienden a borrar la distribución primaria, son la remoción de elementos mediante la meteorización y la formación del suelo (corrosión por agua meteórica, ascenso por plantas) y la adición de elementos (por deposición del agua subterránea, adición de elementos provenientes de la desintegración de vegetación, por polvos, elementos disueltos en agua meteórica). (Oyarzún, J. 2009).

- Anomalías en 'Gossan' y cubiertas afectadas por corrosión y lixiviación: 'Gossan' se refiere a un producto de meteorización, que contiene Fe y que se sitúa encima de un depósito de sulfuros. Se forma por oxidación de los sulfuros y por la lixiviación del azufre y la mayoría de los metales dejando como únicos remanentes hidróxidos de Fe (limonita por ejemplo) y raramente algunos sulfatos.

Capas de limonita residual y otros productos de meteorización de sulfuros de Fe usualmente pueden figurar guías valiosas hacia menas en áreas caracterizadas por meteorización profunda y cubiertas residuales. Infortunadamente se puede confundir fácilmente los productos de meteorización de menas con aquellos de rocas comunes. Los estudios de elementos trazas son útiles para distinguir entre menas meteorizadas y los productos de meteorización de otras formaciones geológicas, como por ejemplo, de pirita de formación hidrotermal o singenética o de carbonatos de Fe.

Las cubiertas alóctonas se constituyen de depósitos glaciares, de depósitos aluviales y coluviales, de turba, de sedimentos eólicos y material piroclástico. Una

cubierta alóctona impide la observación directa de un depósito mineral subyacente. Los estudios de trazas de metales en la cubierta transportada pueden contribuir al descubrimiento de un depósito mineral escondido.

En cubiertas alóctonas se distinguen anomalías geoquímicas singenéticas y epigenéticas. La anomalía singenética se forma simultáneamente con el depósito de material transportado. La anomalía epigenética se refiere a una distribución de uno o varios elementos introducidos en el depósito de material transportado subsecuentemente a su formación. Ambos tipos de anomalías pueden ocurrir juntos en una cubierta alóctona y pueden superponerse mutuamente.

3.2.9 Métodos analíticos y sus aplicaciones

El método más común para realizar un estudio de reconocimiento es el análisis de sedimentos de ríos. Los métodos comunes para una investigación detallada son el análisis de suelos y el análisis de rocas. En casos especiales se analizan vapor, vegetación y agua.

Algunos de los métodos analíticos se basan en la emisión atómica (fotometría de llama, ICP) o en la absorción atómica (espectrometría de absorción atómica). En ambos fenómenos se explicará brevemente lo siguiente.

1. Espectro de emisión: se produce cuando un electrón de un átomo un elemento pasa de un nivel energético alto (capa lejana con respecto al núcleo del átomo) a un estado energético menor (capa cerca del núcleo atómico). Durante este proceso una cierta cantidad de energía es liberada o emitida en forma de una radiación, que se calcula de la manera siguiente: $E = (h \cdot c)/l$ à $l = (h \cdot c)/E$, donde $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Watt \cdot s² = constante de Planck (Plancksches Wirkungsquantum), c = velocidad de la luz en el vacío, l = longitud de onda. Cada línea espectral caracteriza el salto de un electrón

de una capa exterior definida hacia una capa interior definida en el átomo de un elemento definido. Por ejemplo, el espectro de emisión de gases incandescentes da a conocer su composición cualitativa.

2. Espectro de absorción: se produce cuando un electrón de un átomo de un elemento pasa de un estado energético bajo a un estado energético alto consumiendo, es decir, absorbiendo energía y generando una línea de absorción típica para el cambio del nivel energético y para el elemento, en que lo ocurre, (Bates & Jackson, 2001).

3.2.9.1 Espectrometría de absorción atómica: Aparte de la determinación de los componentes principales de una muestra, el método por absorción atómica es especialmente apto para el análisis cuantitativo de trazas de más de 40 elementos metálicos con una precisión de por lo menos 2%. El límite de detección varía entre 0,1 y 1ppm. Se basa en la producción de un estado excitado de un átomo causada por la absorción de un fotón por el átomo. Cuando la luz, que contiene el espectro del elemento específico pasa por una mezcla de gas de átomos no excitados de este elemento específico, las longitudes de ondas características para este elemento son absorbidas parcialmente produciendo de tal modo el espectro de líneas característico para este elemento. Para la mayoría de los elementos el espectro de líneas se ubica en la región ultravioleta y de la luz visible del espectro electromagnético. Como la intensidad de la absorción depende directamente de la cantidad de átomos presentes y capaces de absorber, la extinción de la muestra y la concentración del elemento específico están relacionadas linealmente. A través de calibración se obtiene la concentración del elemento en la muestra, (Bates & Jackson, 1981).

3.2.10 Parámetros estadísticos

Un parámetro estadístico es un número que se obtiene a partir de los datos de una distribución estadística. Los parámetros estadísticos sirven para sintetizar la información dada por una tabla o por una gráfica. (Bates & Jackson, 2001).

Las medidas de centralización nos indican en torno a qué valor (centro) se distribuyen los datos.

3.2.10.1 Media (\bar{X}): La media aritmética es el valor obtenido al sumar todos los datos y dividir el resultado entre el número total de datos. (Bates & Jackson, 2001).

3.2.10.2 Mediana (M_e): Es el valor que ocupa el lugar central de todos los datos cuando éstos están ordenados de menor a mayor. La mediana se puede hallar sólo para variables cuantitativas. (Bates & Jackson, 2001).

3.2.10.3 Moda (M_o): Es el valor que tiene mayor frecuencia absoluta. Se puede hallar la moda para variables cualitativas y cuantitativas, (Bates & Jackson, 2001).

3.2.10.4 Cuartiles: Son medidas de posición. Los cuartiles son los tres valores de la variable que dividen a un conjunto de datos ordenados en cuatro partes iguales. Q_1 , Q_2 y Q_3 determinan los valores correspondientes al 25%, al 50% y al 75% de los datos. El Q_2 coincide con la mediana. (Bates & Jackson, 2001).

3.2.10.5 Umbral: Es el valor límite, por encima del cual un conjunto de datos se consideran anómalos. (Bates & Jackson, 2001).

3.2.10.6 Anomalía: Son valores que se encuentran fuera del ámbito de distribución, en este trabajo una anomalía es una desviación de los patrones geoquímicos, se considera como anomalía positiva a los valores por encima del umbral superior y anomalía negativa los que se encuentran por debajo del umbral inferior. (Rose y otros, 1979).

3.2.10.7 Gráfico de cajas: Un gráfico de este tipo consiste en un rectángulo (caja), donde los lados más largos muestran el recorrido intercuartílico (RIC). Este rectángulo está dividido por un segmento horizontal que indica donde se posiciona la mediana y por lo tanto su relación con los cuartiles primero y tercero (el segundo cuartil coincide con la mediana).

Este rectángulo se ubica a escala sobre un segmento que tiene como extremos los valores de umbral superior y umbral inferior. Estos segmentos que quedan a arriba y abajo de la caja se llaman bigotes. Los bigotes tienen un límite de prolongación, de modo que aquellos valores atípicos que se separan del cuerpo principal de datos se indican individualmente. A diferencia de otros métodos de presentación de datos, los gráficos de caja muestran los valores atípicos de la variable. Llamaremos valores atípicos de la variable a aquellos que están tan apartados del cuerpo principal de los datos que bien pueden representar los efectos de causas extrañas, como algún error de medición o registro. Su eliminación no se justifica, ya que el propósito del gráfico de caja consiste en brindarnos un mayor conocimiento de la forma en que se distribuyen los datos.

3.2.11 Rocas ígneas

Las rocas ígneas (del latín ígneos) o magmáticas se forman a partir de la solidificación de un fundido silicatado o magma. Las rocas ígneas, generadas por consolidación de magmas, se clasifican en función de su ambiente de formación,

pudiendo consolidarse en el interior de la corteza terrestre y zonas profundas (rocas plutónicas), o en la superficie terrestre y zonas próximas (rocas volcánicas). (Williams, V. y Morales, R., 2008).

Ambos tipos, proceden de la consolidación de un fundido de composición fundamentalmente silicatada (magma), en el que existen cristales y, en algunos casos, fragmentos de rocas en suspensión, así como una proporción variable de gases que pueden separarse bajo unas condiciones termodinámicas favorables. La fracción sólida de un magma proviene fundamentalmente del propio fundido, (una parte del mismo cristaliza durante su ascenso hacia zonas superficiales), pudiendo contener fragmentos del material a partir del cual se ha generado, o incluso de los materiales atravesados durante su ascenso. La fracción gaseosa procede esencialmente de los gases y vapores existentes en la zona de generación del magma, y en pequeña escala de los que se han ido incorporando durante su ascenso.

La excesiva profundidad a la que se encuentra la parte externa del núcleo (2.500 – 5.200 km) hace totalmente imposible que esos materiales semi hundidos lleguen hasta la superficie terrestre. Es necesario, por tanto, la existencia de una serie de fenómenos que fuercen la fusión, tanto de materiales de la corteza como del manto, produciéndose así la formación de magmas, a partir de los cuales se originarán las rocas ígneas.

3.2.11.1 Clasificación de las rocas ígneas: Las clasificaciones más utilizadas son las descriptivas, las químicas las cuales estiman la concentración de elementos u óxidos, y las modales basadas en la proporción de fases minerales presentes en la roca, (Williams, V. y Morales, R. 2008). (Figura 3.1).

- Clasificación descriptiva: se establecen distintos criterios y se obtienen diferentes denominaciones:

1. Tamaño de grano: Fanerítica (los cristales se reconocen a simple vista), afanítica (no se reconocen los cristales por su pequeño tamaño) y vítrea (no aparecen cristales).

2. Color.

3. Fábrica: Las clasificaciones basadas en el conjunto de propiedades estructurales y texturales.

- Clasificaciones químicas: Se basa en el porcentaje de SiO_2 de la roca. Tradicionalmente las rocas con bajo contenido de sílice se han denominado rocas básicas y aquellas con alto contenido se llamaron rocas ácidas. Esta clasificación sigue en uso, y es necesario aclarar que se basa exclusivamente en el contenido en sílice de la roca, sin connotaciones respecto al "ph" de la misma.

1. Ultrabásicas (0 – 45%): son rocas muy densas y de color oscuro.

2. Básica (45 – 52%): rocas densas y oscuras.

3. Intermedia (52 – 66%): rocas poco densas.

4. Ácidas (> 66%): rocas claras y poco densas.

- Clasificación modal: Esta clasificación se realiza a partir de las proporciones volumétricas de las distintas fases minerales en la roca, habiéndose establecido arbitrariamente una serie de límites entre clases de rocas ígneas. Estos límites fueron propuestos por (Williams, V. y Morales, R., 2008), y los diagramas que se utilizan se basan en el volumen que presentan grupos minerales.

La relación entre la composición química y la mineralogía resultante se intenta ejemplificar con la figura 3.1. Esta es una pauta general para relacionar la composición química, y específicamente el contenido en sílice, con la mineralogía.

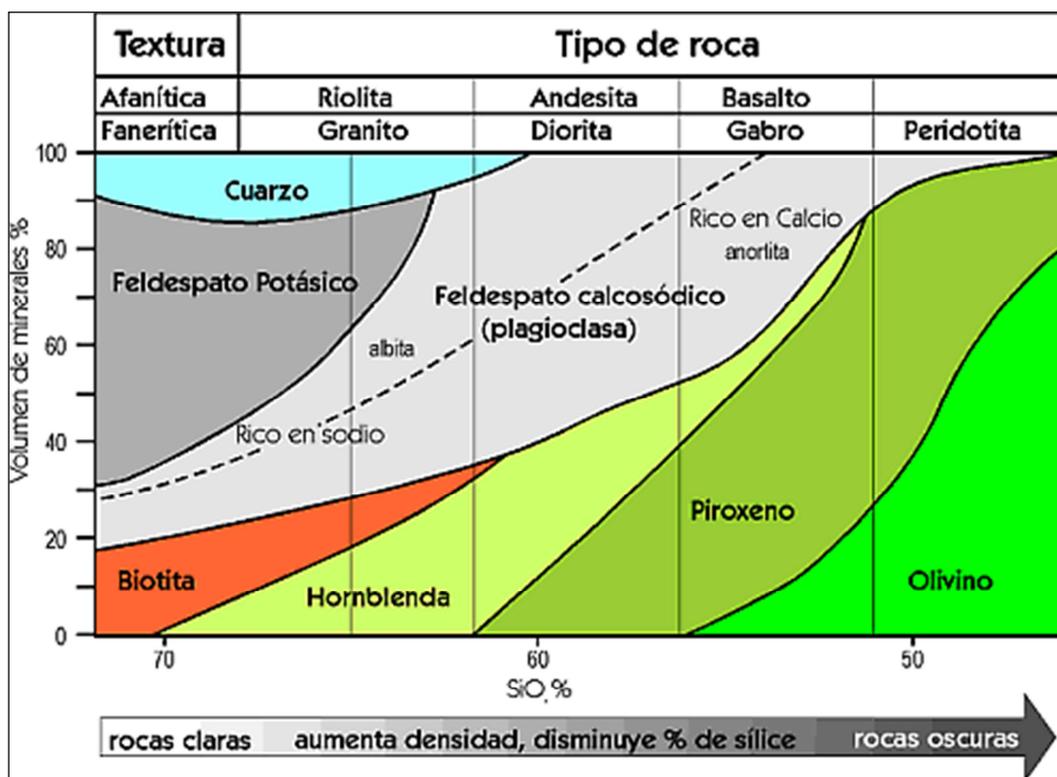


Figura3.1 Clasificación de las rocas ígneas. (Campal y Schipilov, 2.004).

Se gráfica en el eje horizontal el tanto por ciento del óxido de silicio y en el eje vertical el porcentaje en volumen de los minerales.

El orden de cristalización de los minerales en la roca está condicionado por la composición química del magma y la tasa de enfriamiento. Bowen, N. estudió por primera vez el orden de cristalización para las rocas basálticas, definiendo dos series: una continua, representada por los feldespatos de la familia de las plagioclasas, y otra discontinua, en la que los minerales formados son reabsorbidos totalmente por el líquido a medida que la temperatura desciende.

3.2.12 Rocas metamórficas

Las rocas metamórficas son el resultado de la transformación de una roca (protolito) como resultado de la adaptación a unas nuevas condiciones ambientales que son diferentes de las existentes durante el periodo de formación de la roca pre-metamórfica. La modificación del protolito tiene lugar esencialmente en estado sólido, y consiste en recristalizaciones, reacciones entre minerales, cambios estructurales, transformaciones polimórficas, etc., asistidas por una fase fluida intergranular. Los factores que desencadenan el proceso metamórfico son los cambios de temperatura y presión, así como la presencia de fluidos químicamente activos.

La clasificación de las rocas metamórficas se basa, fundamentalmente, en la composición mineralógica, en la textura (el factor más importante es el tamaño de grano y la presencia o ausencia de foliación) y en el tipo de roca inicial antes del producirse el proceso metamórfico.

3.2.12.1 Clasificación de las rocas metamórficas: La clasificación de las rocas metamórficas es muy compleja, aunque de una manera muy simplificada podemos basarla en la presencia o ausencia de foliación y en la composición mineralógica. De esta forma podemos establecer dos grandes grupos: las rocas foliadas y las no foliadas (Williams, V. y Morales, R., 2008).

- Rocas foliadas: Los minerales contenidos en las rocas reciben la estructura laminar orientada hacia la dirección de la presión en el ángulo recto durante el metamorfismo.

Pizarra: roca de grano muy fino, con minerales planares abundantes. las pizarras son propias de metamorfismo de bajo grado (protolito: rocas detríticas de grano fino).

Esquisto: roca de grano grueso que contiene más de un 20% de minerales planares. es una roca característica del metamorfismo de grado medio (protolito: varios tipos de rocas detríticas y volcánicas) en función del mineral índice que presente, podemos establecer: esquistos biotíticos, esquistos con cloritoide, esquistos con estaurolita, esquistos anfíbólicos (esquistos verdes), esquistos granatíferos, etc.

Gneis: roca de grano grueso, que presenta minerales alargados y granulares en las bandas claras y planares en las oscuras. Es propia del metamorfismo de alto grado.

- Rocas no foliadas: Están constituidas de un sólo mineral que no puede transformarse en una estructura foliada, o bien, cuando la alteración (metamorfosis) es provocada sobre todo por la elevada temperatura y no a causa de la presión. Los dos tipos de rocas principales son cuarcitas, mármol (de caliza), granulitos, ecoglit, etc.

Mármol: de textura granular y estructura granítica, provienen de rocas carbonatadas, se produce por el metamorfismo de calizas o dolomías, contiene minerales como la calcita y dolomita. El color de los mármoles es variable, aunque si la roca es un mármol puro de calcita o dolomita, es generalmente blanco. Diversas impurezas dan lugar a distintos tonos, alguno de los cuales son muy atractivos y dan

valor a la piedra. Son frecuentes los tonos verdes y rosados, y muchas veces existen vetas negras.

Cuarcita: roca metamórfica compuesta por granos de cuarzo, que proviene del metamorfismo de areniscas ricas en cuarzo. En algunos casos, las estructuras sedimentarias de las areniscas (estratificaciones cruzadas, entre otras) se conservan dando lugar a un aspecto bandeado.

Corneanas: son rocas que han sufrido metamorfismo de contacto y no tienen fábrica planar, pero sí minerales índice desarrollados en mayor o menor grado.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno, pudiendo ser descriptivo, exploratorio o explicativo. En este caso la investigación se enmarco dentro de un contexto analítico - descriptivo, ya que el estudio en las características geológicas y geoquímicas de la cuenca del río Candelaria, comenzando con los trabajos de oficina, recolección de datos y muestras en campo para su análisis en laboratorios e interpretación de los datos que resulten de estas actividades. (Hurtado de Barrera, 2000).

4.2 Diseño de investigación

A fin de cumplir con los objetivos propuestos para el estudio geoquímico exploratorio de la cuenca del río Candelaria, se dividió el trabajo en varias etapas, empezando desde la recopilación de información ya existente hasta la interpretación de datos tomados en campo en esta segunda etapa se comenzó con la colocación de seis (6) punto principales o estaciones en toda la cuenca del rio, para luego disponernos a la recolección de muestras de manera estadística tanto de sedimentos como de rocas, en total fueron treinta y seis (36) muestras de sedimentos, es decir, (6) en cada estación y las muestras de rocas según los afloramientos encontrados. También tomamos en cuenta las estructuras geológicas de mayor importancia para así regresar a los trabajos de oficina para analizar todos los datos y concluir con la elaboración del trabajo final.

4.3 Recopilación de información bibliográfica y cartográfica

Durante la búsqueda y recopilación de toda la información disponible del área a estudiar, se compilaron trabajos previos relacionados (geología, cartográfica, informes de avance, textos, tesis de grado, cartas geográficas, mapas, imágenes satelitales, etc.), provenientes de las fuentes documentales de la biblioteca de la Universidad de Oriente Núcleo Bolívar, la empresa Técnica Minera, (TECMIN), Petróleos de Venezuela (PDVSA), Internet, entre otros; lo que permitió conocer, discutir y reseñar los aspectos más resaltantes, así como también planificar el trabajo de campo.

Adicional a las fuentes bibliográficas impresas, se emplearon las hojas cartográficas número 7539 Hoja Campamento de Gurí escala 1:100000 está comprendida en la hoja de radar NB 20-2 con escala 1:250000 y 7540 Hoja Marhuanta escala 1:100000, respectivamente a escala 1:25000 y la información cartográfica de la hoja de radar NC-20-14, empresa Técnica Minera, (TECMIN).

Adicionalmente, estas hojas fueron llevadas al formato en digital, con el fin de construir los mapas de esta área de estudio. Como se ha indicado anteriormente, este trabajo consiste en realizar un estudio geoquímico a nivel exploratorio con estaciones de muestreo establecidas; por tal razón, fueron ubicadas previamente con la ayuda del material cartográfico empleado, y en el campo fueron verificadas con la ayuda del sistema de posicionamiento global

Identificados los objetivos a resolver se dispuso a realizar un esquema que resume los diversos pasos a seguir para concluir dicho proyecto y/o investigación. Los pasos seguidos para la realización de esta investigación se presentan en la figura 4.1.

4.4 Identificación de las unidades geológicas correspondientes al área en estudio

De acuerdo a la información recopilada, en el área de estudio encontramos tres (3) unidades, gneises graníticos del Complejo de Imataca, sedimentos de la Formación Mesa y sedimentos recientes. Estas unidades se identificaron efectuando un levantamiento geológico a lo largo del río Candelaria abarcando la cuenca alta hasta la desembocadura, macroscópicamente se verificó la litología presente en la zona tomando nota de los rasgos más importantes de afloramientos de diversos tamaños, estos en su mayoría afectados por la meteorización por lo que se hizo uso de una mandarina para la obtención de fragmentos más frescos y una mejor descripción de las rocas, verificando su color, tamaño de grano, textura y composición mineral aproximada; con una cinta métrica se tomo medida de los afloramientos y con una brújula tipo Brunton se midió la orientación de los mismos, los rumbos y buzamientos de los patrones estructurales presentes como foliaciones, diaclasas, diques, según el caso. Además se tomó nota de la ubicación de los afloramientos haciendo uso de un sistema de GPS.

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

Las diferentes estructuras tales como diaclasas y diques existentes en la zona, se identificaron visualmente durante el levantamiento geológico de campo donde se tomó detalle y medida de los rumbos, buzamientos y longitudes de las mismas, utilizando para ello cinta métrica y una brújula Brunton. Con el sistema de posicionamiento global (GPS) se determinaron las coordenadas UTM de los puntos correspondientes a los afloramientos estudiados.

Las estaciones para el muestreo de sedimentos se seleccionaron de acuerdo a los puntos o coordenadas seleccionadas en el mapa con el trabajos de oficina y se lograron identificar a lo largo del río, dividiendo la cuenca en tres (3) secciones o

tramos de muestreo, cuenca alta aguas arriba cerca del asentamiento La Tigra, cuenca media entre el cerro Monte Cristo y la autopista Ciudad Bolívar – Puerto Ordaz y cuenca baja aguas abajo a partir de la autopista Ciudad Bolívar – Puerto Ordaz finalizando en el río Orinoco, tomando en cuenta que el muestreo a aplicar sería del tipo aleatorio, debido a que este tipo de muestreo permite ubicar zonas anómalas.

El muestreo se ejecutó siguiendo el curso del río aguas arriba, muestreando en los afluentes y acumulaciones importantes de sedimentos en zonas de baja energía como barras de meandro y otras originadas por obstáculos naturales o artificiales, siendo todas estas las más relevantes y representativas dado que en ellas el contenido metálico se ha ido acumulado durante un tiempo bastante prolongado. Para la recolección de las muestras se utilizaron palas plásticas y bolsas plásticas, recogiendo en estas entre 1,5 y 2 Kg. de sedimento con la granulometría más fina.

Durante el muestreo se deben contemplar las siguientes precauciones generales:

1. Todos los sitios de muestreo deben ser georeferenciados (coordenadas UTM) usando GPS.
2. El sitio de muestreo deberá estar alejado de caminos, carreteras, puentes, casas, basureros o sitios de concentración evidente de actividad antrópica. En caso de presentarse alguna de las situaciones anteriores el sitio de muestreo deberá ubicarse a por lo menos 100 metros aguas arriba de dichos sitios.
3. Usar equipos de muestreo de plástico (palas, bateas), que no contengan metales o preferiblemente contruidos de madera (sin pintura). En su defecto se podrán usar herramientas en acero inoxidable de alta calidad o aleaciones especiales no contaminantes. No se podrán utilizar herramientas de aluminio o latón o de acero pintado.

4. No usar joyas durante el muestreo. Para manipular las muestras se deben utilizar guantes desechables. Por ningún motivo se deben tocar las muestras directamente con las manos.

5. No se debe fumar durante la colecta de la muestra ni ubicar vehículos en funcionamiento cerca del sitio de muestreo.

6. Los sitios de muestreo deben ubicarse como mínimo a 100 metros de distancia, aguas arriba del punto de confluencia de la corriente a muestrear con la corriente de mayor orden, con el fin de evitar tomar sedimentos que provengan de la mezcla de material de los dos canales, mezcla que ocurre especialmente durante los períodos de inundación.

En total se recolectaron 36 muestras de sedimentos y sumadas a estas se tomaron 8 muestras de roca seleccionadas por ser las más comunes y representativas de la zona.

Todos los puntos de muestreo fueron georeferenciados con el uso del equipo o sistema de posicionamiento global GPS, para luego ser graficados en un mapa base digitalizado y así definir el mapa de muestreo, esto con ayuda del software Autocad 2010.

4.6 Determinación de las características químicas de los sedimentos a través del método estadístico

En el desarrollo de este objetivo es necesario un proceso de preparación de las muestras que se inicia con la deshidratación de las mismas, estas son colocadas en bandejas sobre una plancha o reactor de calentamiento hasta que se evapore toda el

agua retenida, luego se procede con las técnicas tradicionales de homogenización y cuarteo, extrayendo unos 125g de una muestra original de aproximadamente 2 kg.

Esta porción destinada a análisis químico se llevó al laboratorio de preparación de muestras de INGEOMIN (Instituto Nacional de Geología y Minas), donde se dio inicio al tratamiento, dichas muestras se pulverizaron al máximo según los estándares necesarios para este estudio, hecho esto se les hizo el trabajo de tamizado específico.

Las muestras pulverizadas fueron trasladadas al Laboratorio de Geociencias para finalmente realizar las mediciones de los diferentes elementos seleccionados, a través del método de Espectrofotometría de Absorción.

Para efectuar el análisis a cada una de las muestras se procede a llevar todas las muestras a solución, ya que de esta manera se realiza la toma de datos, lo primero que se efectúa es pesar 0,1 gr. de la muestra en un vaso de precipitado haciendo uso de una balanza electrónica "Sertorius" (0.1 mg), posteriormente se humedecen las muestras con agua destilada y se añaden 20 ml de agua regia para la disolución de cada muestra, que se prepara en partes de 3:1 de ácido clorhídrico y ácido nítrico respectivamente precipitados se les coloca un vidrio de reloj. Se colocan las muestras identificadas sobre un reactor de calentamiento dentro de una campana extractora de gases tóxicos y se deja a temperatura baja durante el tiempo que sea necesario hasta que la muestra se reduzca a su totalidad. Al bajar la muestra del reactor de calentamiento se dejan enfriar y se filtran a través de un filtro N° 30 en balones aforados de 100 ml., se pasa la totalidad de la muestras disueltas como se puede apreciar en la figura 4.12, y posteriormente se completa hasta la línea de aforo del balón con agua destilada, estas se tapan y se agitan para luego tomar las mediciones de absorción atómica de cada elemento. Para esta investigación se determinaron los elementos: Cd, Zn, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Ti.

4.7 Determinación de las características mineralógicas de los sedimentos presentes en la cuenca del río Candelaria

Para el análisis mineralógico se seleccionaron seis (6) muestras distribuidas uniformemente a lo largo de la sección muestreada, la fase de preparación de estas muestras se inicio con un proceso de tamizado, en este procedimiento se hizo uso del juego de tamices 10, 18, 35,60, 120, 150, pam y la agitadora mecánica.

Del producto del tamizado se extrajeron y se reservaron las partículas retenidas en el tamiz 120, luego estas son separadas en fracciones magnéticas y no magnéticas con el uso de un imán. La muestra de minerales no magnéticos resultante es etiquetada y llevada al laboratorio de petrografía para su análisis. Para cada muestra se extrae una parte que es colocada en un porta objeto y cubre objeto y con el uso de un microscopio óptico de luz transmitida marca Zeiss se determinó, de mayor a menor, el porcentaje de abundancia para cada mineral presente.

4.8 Análisis químico a las rocas presentes en el área de estudio

El análisis químico de las rocas se realizó para establecer la procedencia de las posibles acumulaciones anómalas de algún elemento químico y tomando en cuenta las concentraciones de estos elementos en las rocas poder diferenciar falsas anomalías ubicadas dentro de los valores de fondo. Durante el levantamiento geológico de campo se determinaron las litologías representativas de la zona, básicamente está constituida por gneises cuarzo feldespáticos, gneises biotíticos y algunos diques de composición máfica. Se muestrearon seis (6) afloramientos en distintos puntos del curso del río, extrayendo las muestras por acción mecánica con el uso de mandarina.

Para los análisis geoquímicos se fragmentaron las muestras y así destinar una parte al análisis petrográfico, el resto se trituro y pulverizó, primeramente se hizo

pasar a través de una trituradora de mandíbula, que reduce la roca en pedazos más pequeños, luego se paso por una trituradora de rodillo que disminuye el tamaño de las partículas y por último se pasó la muestra por una pulverizadora de disco ya que toda la muestra tiene que estar lo más fina y homogénea posible. Finalmente se obtuvo 30 gr. de cada una de las muestras pulverizadas, la totalidad de la muestra fue cernida a través del tamiz N° 150. Luego en el laboratorio de geociencias estas muestras sufren el mismo tratamiento o procedimiento mencionado anteriormente para las muestras de sedimentos.

4.9 Determinación de las características petrográficas de las rocas presentes en el área de estudio

De los afloramientos estudiados se seleccionaron un número de seis (6) muestras entre ellas: E1-MR1, E1-MR2, E2-MR1, E2-MR2, E3-MR1 E4-MR1, a las cuales se realizaron los análisis petrográficos a partir de secciones finas, para determinar la composición porcentual de sus minerales y clasificar la roca de acuerdo a sus características físicas y mineralógicas.

Para este análisis se destinó un fragmento de cada roca de un tamaño adecuado, estos fragmentos fueron etiquetados y trasladados al INGEOMIN del estado Bolívar, donde en su taller de corte se prepararon las secciones finas siguiendo los procedimientos pertinentes y tradicionales como el corte y desbastado de las muestras hasta el grosor adecuado para luego en el Laboratorio de Petrografía de la Universidad de Oriente, donde se les realizó el análisis bajo el microscopio óptico de luz transmitida, donde se describen los minerales presentes en orden decreciente de acuerdo a su abundancia, así como también las estructuras y texturas presentes para por último tratar de definir y clasificar la roca, en esta última parte la información recopilada en campo es de gran ayuda para clasificar la roca de manera exitosa.

4.10 Aplicación de un método estadístico apropiado en la determinación de las anomalías presentes

A los datos de análisis de sedimentos y rocas se les aplicó un tratamiento estadístico por la técnica de las cajas gráficas con ayuda del software Microsoft Excel, con el uso de este software se obtienen resultados más satisfactorios, ya que se evita incurrir en errores por cálculos manuales. Para elaborar las cajas gráficas, en primer lugar, se vacían los datos obtenidos para cada elemento en hojas de cálculo de Excel, generando así las matrices de datos para el cálculo de los diferentes parámetros estadísticos como el cuartil 1, mediana y cuartil 3. Estos parámetros permiten determinar los valores de fondo, en una caja gráfica el intervalo de valores de fondo estaría comprendido entre los dos cuartos y correspondería a la dispersión de los datos con respecto a la mediana, para una distribución irregular el valor de fondo es calculado como el valor correspondiente a la mediana.

Para determinar los valores de los umbrales superior e inferior se aplican las expresiones siguientes:

$$U \text{ superior} = Q3 + (RI \times 1,5) \quad (4.1)$$

$$U \text{ inferior} = Q1 - (RI \times 1,5) \quad (4.2)$$

Donde:

Q3 = Valor de el cuartil 3.

Q1 = Valor del cuartil 1.

RI = Rango intercuartil, $RI = Q3 - Q1$.

Los valores de umbral son los valores límites como se tomo en cuenta el cuartil 3 viene siendo nuestro umbral superior esos los valores que decidimos tomar como altos y el cuartil 1 nuestro umbral inferior o valores bajos, entonces entre el umbral 1 y el 2 colocamos la media, donde cercanos a un 70% de nuestros valores pertenecen a estos valores medios.

4.11 Determinación de las fuentes de minerales en la cuenca de estudio

Para la determinación de las fuentes que estarían aportando minerales a la cuenca, se analizó el comportamiento de los histogramas de distribución de concentraciones, donde se define la cantidad de modas para un determinado elemento, esto nos permite establecer el número de fuentes portadoras de minerales y las zonas sobresalientes de acuerdo a la ubicación de los picos en el histograma.

Se examinan los valores arrojados por los análisis químicos para delimitar las zonas anómalas o aquellas zonas donde los valores de concentración obtenidos sean resaltantes, de acuerdo a la ubicación de estos puntos en el mapa de muestreo, se hace un seguimiento aguas arriba descartando los afluentes o canal principal según el caso, estériles o con valores bajos, siguiendo la dirección de los mayores valores, esta dirección preferencial la definimos como dirección de procedencia de los minerales. Teniendo en cuenta la dirección de procedencia se determinan los afloramientos rocosos y/o afluentes que se encuentren en la misma y que estén actuando como fuentes aportaderas de minerales.

4.12 Elaboración de los mapas correspondientes a los aspectos geológicos y a las áreas del muestreo

Para la elaboración de estos, se utilizó el mapa topográfico de Candelaria escala 1:100000 como base y de acuerdo a los puntos de acceso y a la división estipulada de

la cuenca en alta, media y baja se determinaron las áreas susceptibles al muestreo teniendo en cuenta que se aplicaría un muestreo aleatorio, luego con la asistencia del Sistema de posicionamiento global (GPS) se obtuvieron las coordenadas de los puntos de muestreo, en las cuales fueron recolectados los sedimentos y muestras de rocas. Luego con la ayuda del software Autocad 2010 se georeferenciaron estos puntos en el mapa. (Anexo 2).

Para los datos de sondeo en cada punto de muestreo se combina los puntos de muestreo con las concentraciones de los elementos de interés correspondientes, identificando los puntos con colores asignados de acuerdo al grado de concentración, bajo, medio y alto.

Para los aspectos geológicos, se tomaron en cuenta los datos recopilados durante el levantamiento geológico como dirección preferencial de diaclasas y diques, la litología predominante en la zona, encontrándose los afloramientos más importantes del Complejo de Imataca hacia la sección de la cuenca alta y parte de la cuenca media, se identificó y se ubicó el contacto de la Formación Mesa con rocas del Complejo de Imataca hacia la sección de la cuenca media, ubicándose la mayor predominancia de sedimentos recientes en la sección de la cuenca baja con afloramientos rocosos de pequeño porte de Imataca, adicionalmente para mayor precisión se tomó en cuenta los análisis petrográficos realizados a las muestras tomadas en el área de estudio y apoyados en los mapas geológicos realizados por C.V.G. Técnica Minera a escala 1:500.000 donde se compararon, delimitaron y cartografiaron las unidades geológicas presentes en la zona. Luego se procedió a digitalizar el mapa con la ayuda del software Autocad 2010.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Identificación de las unidades geológicas correspondientes al área en estudio

En la cuenca del río Candelaria se identificaron tres unidades litológicas pertenecientes a: Complejo de Imataca, Formación Mesa y Aluviones o sedimentos recientes

5.1.1 Provincia Geológica de Imataca

Mediante un levantamiento geológico y análisis petrográficos, en la zona fue posible identificar la siguiente litología, gneises graníticos, gneises biotíticos, pertenecientes a este complejo, también se observaron cuerpos máficos anfibolitizados en forma de diques y como xenolitos metamorfizados y alargados en sentido de la foliación.

En la cuenca del río Candelaria las rocas pertenecientes a este complejo se observan a manera de afloramientos dispersos a través de toda el área ocupada por la cuenca del río, expuestos naturalmente sirviendo de base a la extracción de rocas con fines ornamentales. Macroscópicamente las rocas que afloran en el Cerro Montecristo son de gneises graníticos a migmatíticos, de color gris rosáceo, de grano grueso, con textura de “augen gneis” como consecuencia del cizallamiento de la roca, con meteorización esferoidal, foliados y diaclasados con orientación de los minerales oscuros hacia el N 60° O y S 5° O. (Figura 5.1).



Figura 5.1 Afloramiento de gneis con exfoliación del complejo Imataca.

5.1.2 Formación Mesa

La Formación Mesa se depositó de manera discordante sobre los gneises cuarzo-feldespáticos-biotíticos que caracterizan al Complejo de Imataca en el área de estudio.

En la cuenca hidrográfica del río Candelaria, la Formación Mesa está representada por dos unidades geológicas, las cuales se describen de base a tope:

1. Unidad de arcilla limosa, locamente se observó en un corte de carretera, de coloración marrón rojizo, muy dura.
2. Unidad de arena limosa, suprayace a la unidad de arcillas limosas de 30 cm. de color amarillo a marrón. En la secuencia sedimentaria se puede observar una

forma alterna de sedimentos finos a medios lo cual se puede interpretar como un ambiente de aguas tranquilas, típico de un alto contenido de arcillas.

5.1.3 Sedimentos Recientes

Seguidamente sobre estas dos (2) unidades se encuentran los depósitos aluvionales del río Candelaria. Estos sedimentos son arrastrados por el agua de escorrentía, el viento y la gravedad a niveles inferiores hasta ser encauzados en el río. Con la pérdida de energía por caída del gradiente, el río deposita los sedimentos desarrollando pequeñas planicies aluviales de sedimentación arenosa, esto ocurre con mayor intensidad durante las inundaciones periódicas. (Figura 5.2).

Estos sedimentos en dicha se presentan a lo largo de todo el perfil longitudinal de la cuenca, como depósitos en las adyacencias del cauce y en el lecho del río. Los aluviones y eluviones están conformados mayormente por arenas limosas pero también se observan gravas, arenas, limos, arcillas y otras facies mixtas (arenas arcillosas), son de color amarillento, y provienen de la meteorización y la disgregación de las rocas pertenecientes al Complejo de Imataca y de la Formación Mesa.



Figura 5.2 Sedimentos recientes y afloramiento del Complejo de Imataca ubicado en la cuenca alta del río Candelaria.

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

En el área de estudio las estructuras presentes son diques, diaclasas y la foliación producto del metamorfismo.

Los diques se identificaron hacia la cuenca media, entre ellos tenemos, un dique porfídico cuarzo de menor tamaño presentando el mismo rumbo preferencial y también se identificaron una serie de diques de cuarzo, paralelos entre ellos con rumbo $N75^{\circ}E$. (Figura 5.3).



Figura 5.3 Dique cuarzo ubicado en la cuenca media (balneario Candelaria).

Las rocas del sector han sufrido un patrón de diaclasamiento continuo, cuyos rumbos y buzamientos son: Rbo: S80°O; Bz: 56°NO. Estas diaclasas, junto al avance del intemperismo, ayudan a la meteorización total o parcial de las rocas que yacen en el lugar.

5.3 Determinación de las características químicas de los sedimentos a través del método estadístico

Los valores de concentraciones de los elementos químicos analizados fueron ordenados en el apéndice A.1, donde las muestras corresponden a las recolectadas en la sección de la cuenca alta, cuenca media y cuenca baja más próxima a la desembocadura. (Tabla 5.1).

Tabla 5.1 Composición química de los sedimentos de la cuenca del río Candelaria. Las concentraciones están expresadas en partes por billón (ppb) para el Cd: Cadmio, Zn: Zinc, Co: Cobalto, Cu: Cobre, Cr: Cromo, Mo: Molibdeno, Ni: Niquel y Pb: Plomo y partes por millón (ppb) para el Fe: Hierro, Mn: Manganeso y Ti: Titanio.

Estacion 1	Cd	Zn	Co	Cu	Cr	Fe	Mo	Ni	Pb	Ti	Mn
MS1	0.004	2.524	1.206	4.218	2.685	3214	0.316	0.986	0.817	645	424
MS2	0.005	2.517	1.217	4.321	2.642	3239	0.349	0.974	0.823	695	418
MS3	0.005	2.582	1.211	4.095	2.617	3227	0.362	0.992	0.819	634	422
MS4	0.006	2.519	1.231	4.142	2.611	3242	0.373	0.975	0.849	631	427
MS5	0.005	2.532	1.21	4.323	2.619	3237	0.325	0.986	0.821	612	439
MS6	0.005	2.507	1.208	4.327	2.634	3256	0.345	0.907	0.851	623	433
Estacion 2											
MS1	0.003	2.512	1.214	4.239	2.644	3263	0.324	0.971	0.837	638	421
MS2	0.005	2.532	1.226	4.313	2.652	3243	0.342	0.978	0.828	650	433
MS3	0.004	2.541	1.241	4.195	2.621	3246	0.351	0.982	0.823	637	427
MS4	0.003	2.536	1.249	4.154	2.642	3241	0.321	0.947	0.829	638	421
MS4	0.005	2.547	1.218	4.339	2.631	3230	0.327	0.973	0.831	639	432
MS5	0.006	2.519	1.236	4.316	2.638	3218	0.341	0.937	0.839	641	429
Estacion 3											
MS1	0.006	2.527	1.217	4.231	2.64	3247	0.319	0.96	0.843	646	416
MS2	0.004	2.524	1.221	4.326	2.647	3249	0.332	0.947	0.836	654	421
MS3	0.005	2.529	1.229	4.143	2.629	3241	0.331	0.939	0.829	642	429
MS4	0.004	2.526	1.232	4.151	2.636	3239	0.317	0.942	0.843	647	432
MS5	0.005	2.533	1.242	4.329	2.642	3236	0.32	0.957	0.84	631	437
MS6	0.004	2.542	1.239	4.334	2.641	3239	0.331	0.942	0.837	635	441
Estacion 4											
MS1	0.006	2.541	1.229	4.225	2.638	3241	0.335	0.958	0.863	623	453
MS2	0.005	2.527	1.232	4.329	2.641	3243	0.347	0.941	0.858	658	462
MS3	0.006	2.542	1.241	4.132	2.634	3248	0.357	0.969	0.867	639	449
MS4	0.005	2.52	1.238	4.138	2.631	3245	0.342	0.932	0.849	653	452
MS5	0.005	2.539	1.229	4.325	2.632	3253	0.331	0.929	0.851	647	463
MS6	0.006	2.537	1.231	4.337	2.639	3247	0.347	0.947	0.856	639	452
Estacion 5											
MS1	0.005	2.503	1.21	4.249	2.649	3262	0.348	0.984	0.851	609	467
MS2	0.007	2.521	1.212	4.361	2.656	3251	0.336	0.967	0.853	617	469
MS3	0.006	2.517	1.236	4.151	2.663	3264	0.342	0.963	0.858	626	458
MS4	0.004	2.536	1.232	4.162	2.619	3240	0.363	0.941	0.835	639	463
MS5	0.007	2.563	1.225	4.343	2.635	3247	0.331	0.937	0.858	632	468
MS6	0.006	2.545	1.238	4.339	2.643	3268	0.339	0.949	0.862	627	461
Estacion 6											
MS1	0.004	2.571	1.232	4.263	2.67	3232	0.351	0.972	0.868	631	412
MS2	0.005	2.562	1.243	4.369	2.666	3231	0.337	0.969	0.871	622	438
MS3	0.006	2.547	1.259	4.145	2.674	3224	0.339	0.968	0.863	634	429
MS4	0.007	2.549	1.261	4.178	2.67	3229	0.358	0.962	0.869	627	447
MS5	0.007	2.566	1.239	4.367	2.668	3227	0.367	0.959	0.872	630	461
MS6	0.007	2.549	1.246	4.345	2.671	3238	0.347	0.963	0.868	628	465

5.3.1 Cadmio

La concentración de los valores de cadmio para muestras de sedimentos finos, recolectadas en la cuenca del río Candelaria, arrojaron una media de 4,98 ppb y una mediana de 5 ppb, (Apéndice A). Los valores determinados en el análisis químico para este elemento se definieron en un intervalo de concentración entre 3-7ppb, ubicándose los valores más elevados hacia las secciones media y baja, de acuerdo al tratamiento estadístico por el método de cajas gráficas, el 75% de las muestras tienen cifras inferiores 6 ppb y mostrando los resultando un comportamiento bimodal, de tal manera que, no existen anomalías ni concentraciones importantes de cadmio en la zona de estudio. (Figuras 5.4 y 5.5).

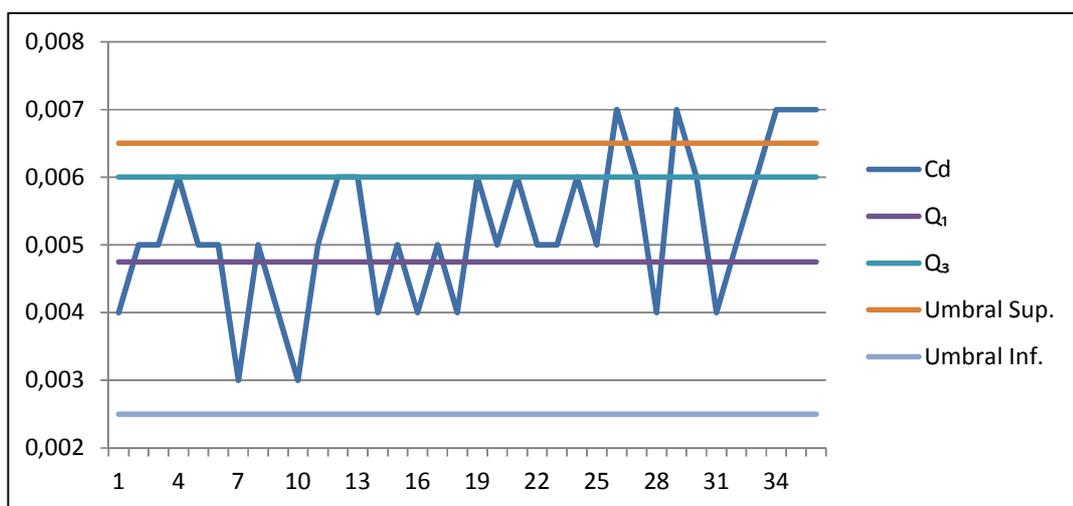


Figura 5.4 Distribución de las concentraciones de Cadmio.

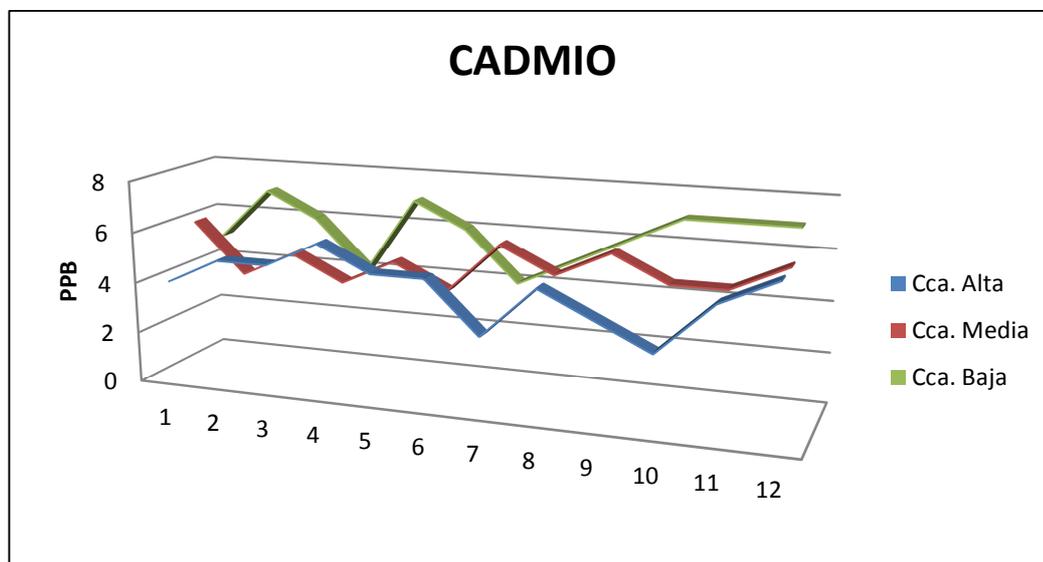


Figura 5.5 Distribución de concentraciones en diferentes secciones en la cuenca.

5.3.2 Zinc

La concentración promedio de este elemento en muestras de sedimentos finos presento un promedio de 2535,74 ppb, con una mediana de 2534,5 ppb en un intervalo de concentración entre 2503-2582 ppb, de acuerdo a las gráficas, los datos presentaron un comportamiento unimodal y los picos o valores altos se presentaron en su mayoría en la cuenca baja, indicando que la principal fuente de esta traza se ubica en la cuenca baja. De acuerdo estudios realizados por el investigador Reedman, J. (1979), a través de análisis estadístico por cajas gráficas las anomalías positivas deben encontrarse sobre los 6,8 ppm correspondiente al valor de umbral, en base a esto no se encontraron valores anómalos para cinc en la zona estudiada. Algunos autores señalan que la concentración de cinc en muestra de sedimentos finos puede estar entre 10-200 ppm y que valores mayores a 200 ppm pueden ser indicativos de algún tipo de mineralización de este elemento. (Figuras 5.6 y 5.7).

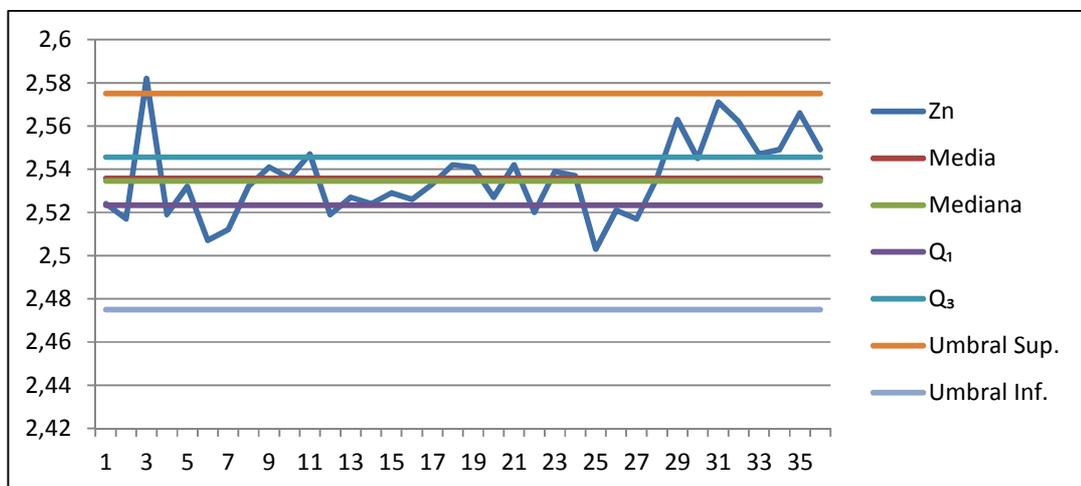


Figura 5.6 Distribución de concentraciones de Cinc (Zn).

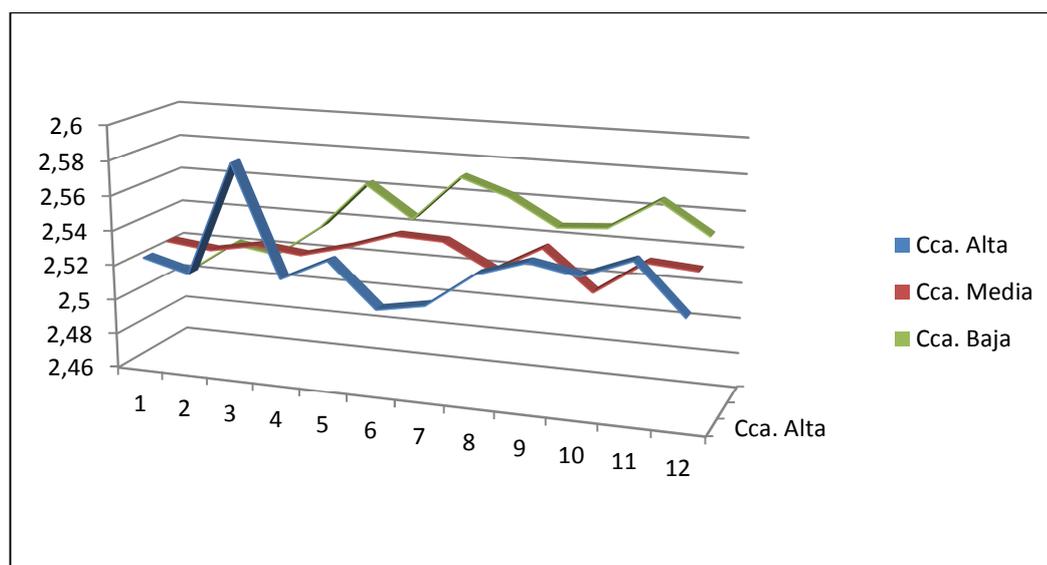


Figura 5.7. Distribución de concentraciones en diferentes secciones en la Cuenca.

5.3.3 Cobalto

La concentración promedio de cobalto arrojó el siguiente resultado de 1229,85 ppb con una mediana de 1231,5 ppb en un intervalo de concentración que varía entre

1206-1261 ppb, encontrándose en su mayoría valores altos en la sección correspondiente a la cuenca baja. En base al análisis estadístico por cajas gráficas no se encuentran anomalías, el 75% de las muestras arrojaron valores inferiores a 1239 ppb, además puede notarse en la grafica 5.6 que el comportamiento de las cuencas alta y baja son similares. De acuerdo con los estudios realizados por el investigador Dougan en Mendoza, V. (2000), la concentración de este elemento en sedimentos finos puede variar entre 5-50ppm donde valores superiores a 50 ppm se considerarían anómalos, los valores que encontramos superiores a los citados en la bibliografía están asociados a las elevadas concentraciones de cobalto presentes en los gneises graníticos de la Provincia de Imataca. (Figuras 5.8 y 5.9).

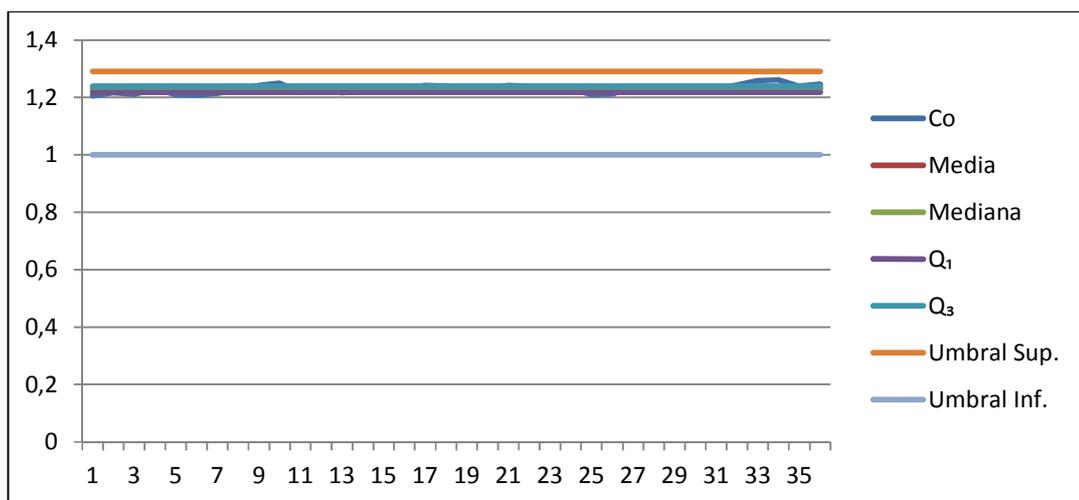


Figura 5.8 Distribución de las concentraciones de Cobalto.

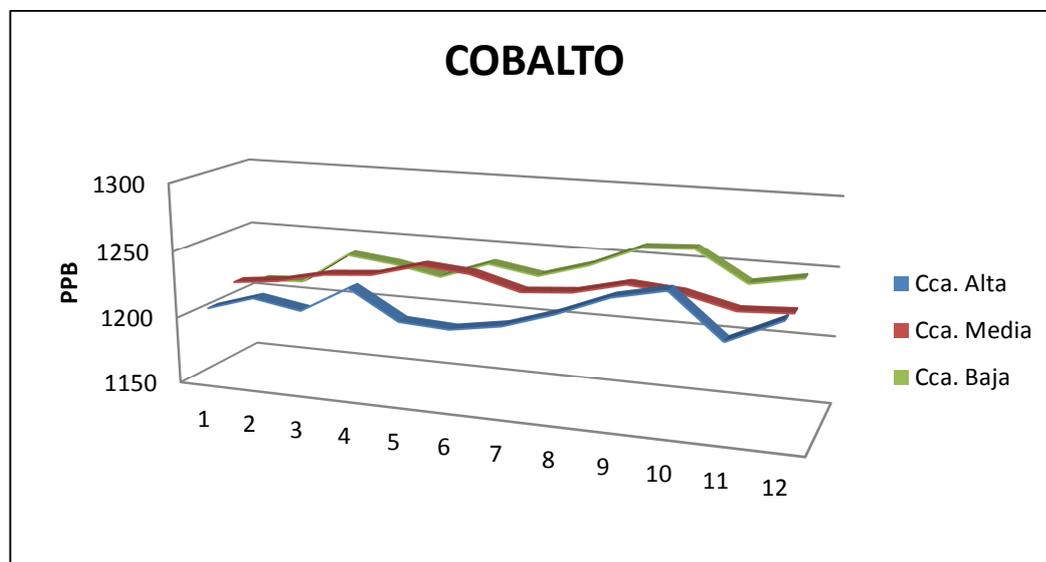


Figura 5.9 Distribución de las concentraciones de Cobalto a lo largo de la cuenca.

5.3.4 Cobre

En las muestras de sedimentos finos el promedio de cobre fue de 4255,3 ppb con una mediana de 4288 ppb, en un intervalo de concentración que varía entre 4095-4369 ppb; las cuencas mantienen un patrón o conducta estándar; en donde el 75% de las muestras presentaron valores inferiores a 4330,25 ppb y las lecturas mayores se ubican en la sección de la cuenca baja. Algunos estudios señalan que valores mayores de 80 ppm pueden considerarse anómalos. Los valores locales de cobre podríamos considerarlos como bajos, dada la naturaleza de las rocas en la zona y su promedio de concentración de cobre en comparación con el promedio de las rocas graníticas del Complejo de Imataca de 6ppm (Dougan en Mendoza, V. (2000). Estos gneises son la fuente de cobre para muchas cuencas, (Figuras 5.10 y 5.11).

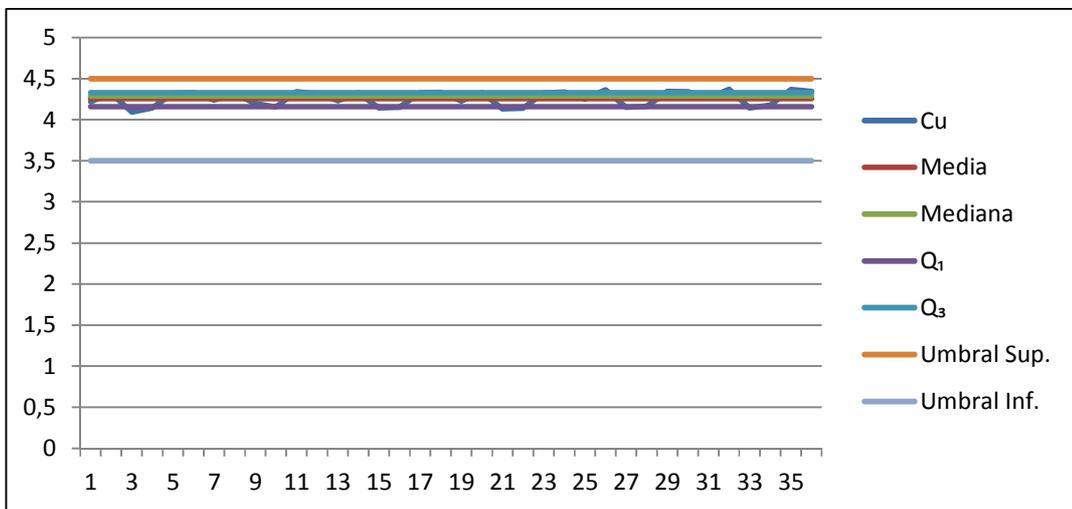


Figura 5.10 Distribución de las concentraciones de Cobre.

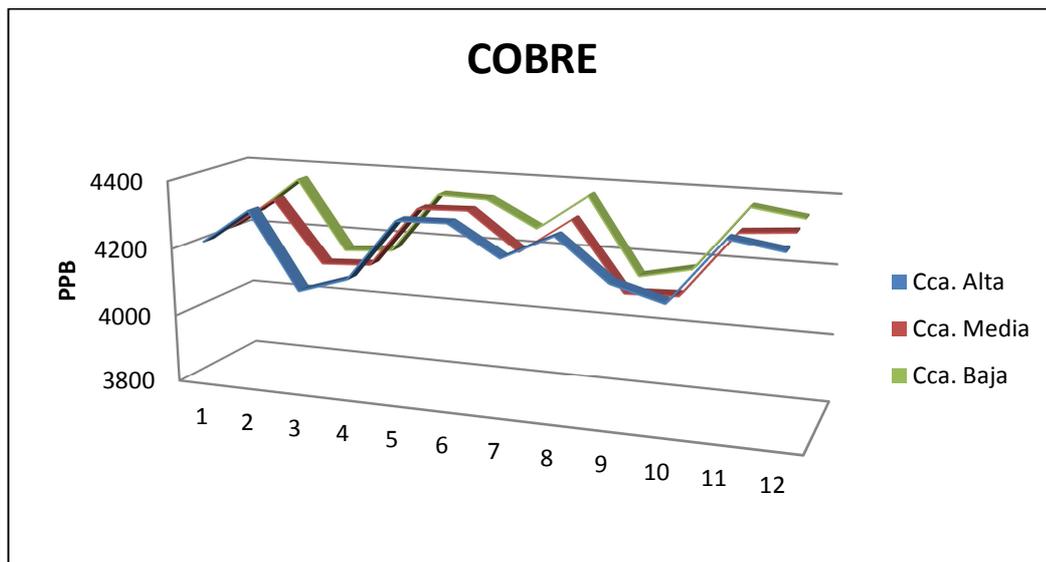


Figura 5.11 Distribución de las concentraciones de Cobre en diferentes secciones en la cuenca.

5.3.5 Cromo

El elemento Cr arrojó en sus análisis químicos una concentración promedio de 2643,49 ppb con una mediana de 2641 ppb en un intervalo de 2611-2685 ppb; encontrándose los mayores valores en las secciones correspondientes a la cuenca baja, mostrando un comportamiento unimodal. Los valores elevados de cromo en los sedimentos de esta cuenca probablemente se deben a la alta concentración de este metal en los gneises de la zona, estos mantienen un promedio de 126,25 ppm y a la presencia de rocas máficas con una concentración de 128 ppm, para los gneises este valor se considera relativamente elevado en comparación con el calculado por Dougan en Mendoza, V. (2000), de 12 ppm. De acuerdo al histograma de concentración presentado en la parte inferior, el 75% de las muestras arrojaron valores inferiores a 2653p pb y no presentan concentraciones elevadas de dicha traza. (Figuras 5.12 y 5.13).

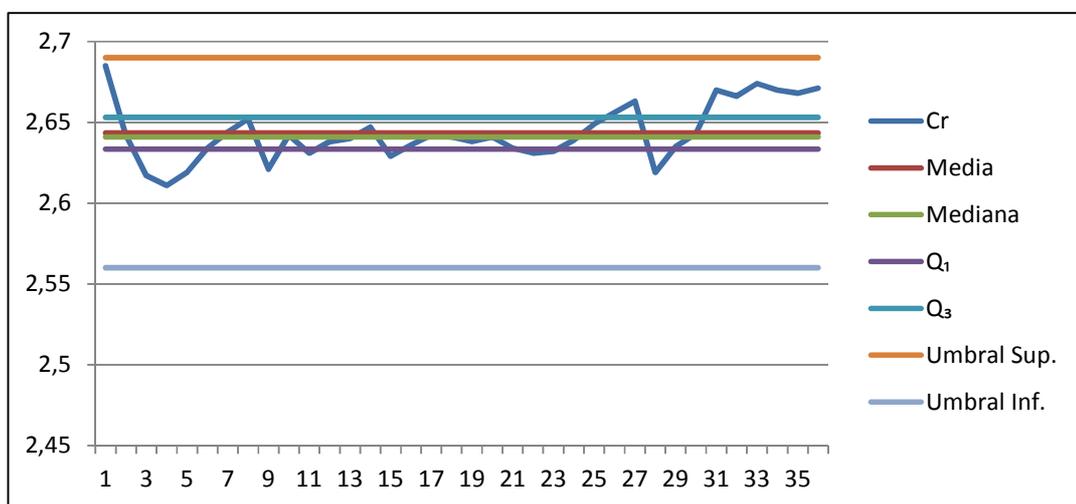


Figura 5.12 Distribución de las concentraciones de Cromo.

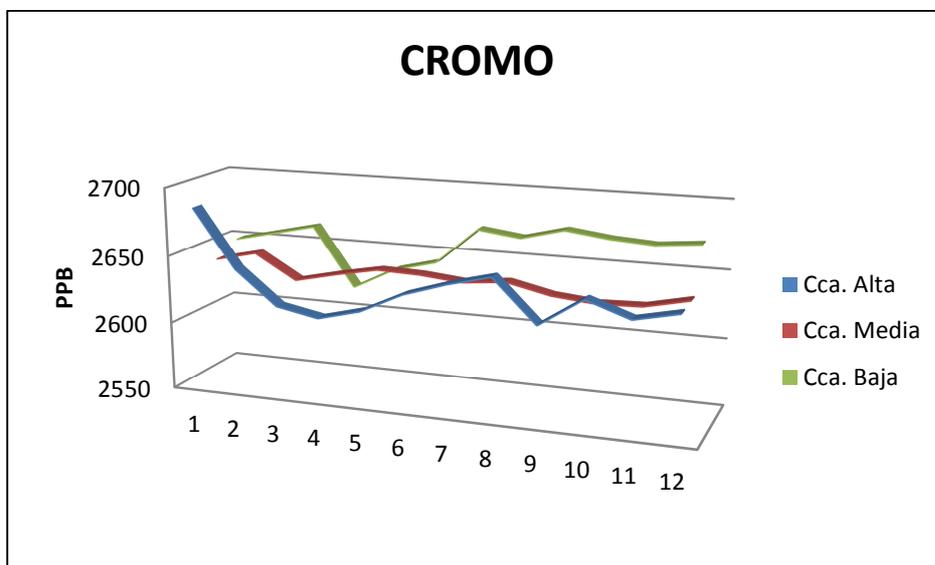


Figura 5.13 Distribución de las concentraciones de Cromo.

5.3.6 Hierro

La concentración promedio del Hierro es de 3422,41 ppm con una mediana de 3413 ppm en un intervalo de concentración de 3029-3815 ppm. En base al análisis estadístico por cajas gráficas, (Figuras 5.14 y 5.15) se observa una los mayores valores se registran en la cuenca baja, en donde el 75% de las muestras expresan valores inferiores a 3634,50 ppm. En comparación a las otras trazas puede notarse que la misma esta expresado en una unidad mayor y es uno de los elementos cuya presencia se encuentra acentuada indicándonos que existen rocas en la localidad estudiada que presentan gran cantidad de Fe.

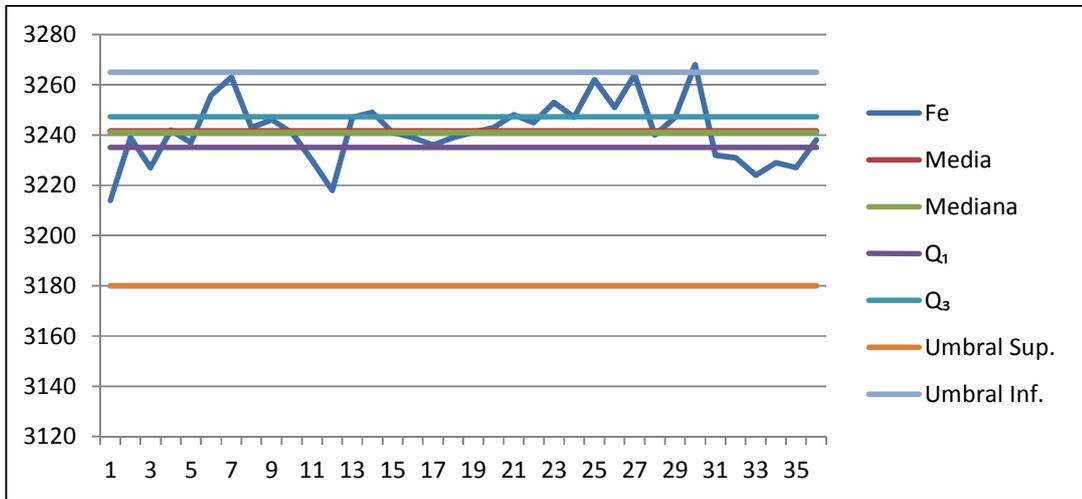


Figura 5.14 Distribución de las concentraciones de Hierro

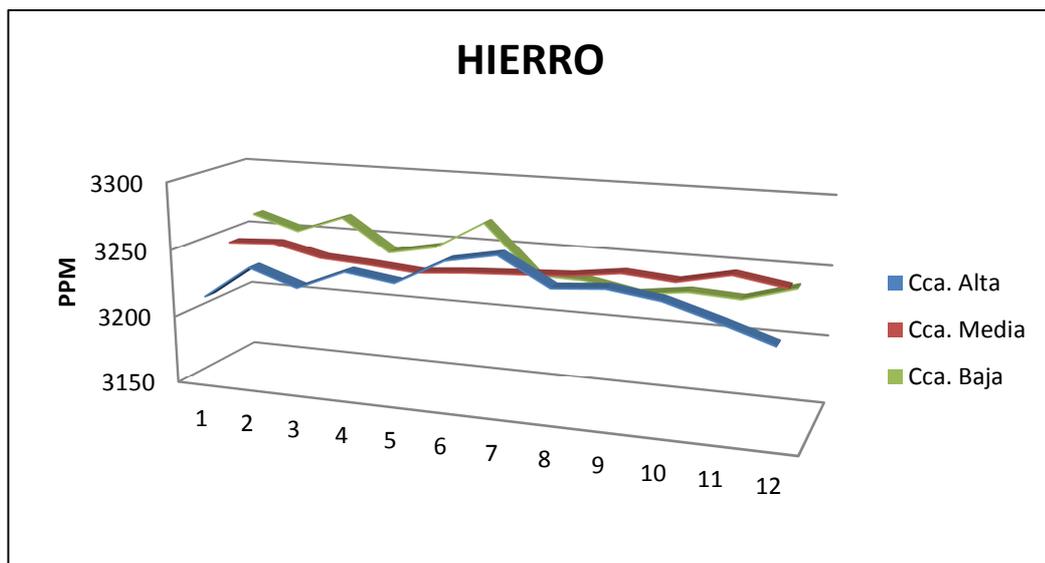


Figura 5.15 Distribución de las concentraciones de Hierro en diferentes secciones de la cuenca.

5.3.7 Manganeso

La concentración promedio de manganeso para sedimentos finos fue de 433,20 ppm con una mediana de 438,50 ppm en un intervalo que varía entre 324-491 ppm; el 75% de los resultados obtenidos son valores inferiores a 460,50 ppm, no observándose valores anómalos. Basándonos en el análisis estadístico por gráficas, podemos observar que los valores altos se encuentran en las cuencas baja, debiéndose presentar en aéreas cercanas a estas la fuente de dicho elemento. Cabe destacar que este elemento al igual que en anterior es uno de los que presentan mayores concentraciones en la cuenca estudiada. (Figuras 5.17 y 16).

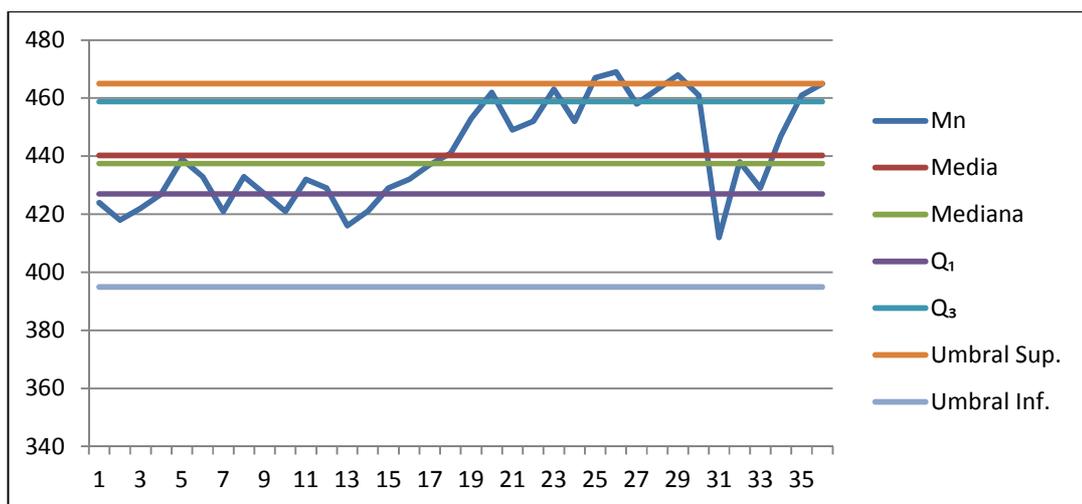


Figura 5.16 Distribución de las concentraciones de Manganeso.

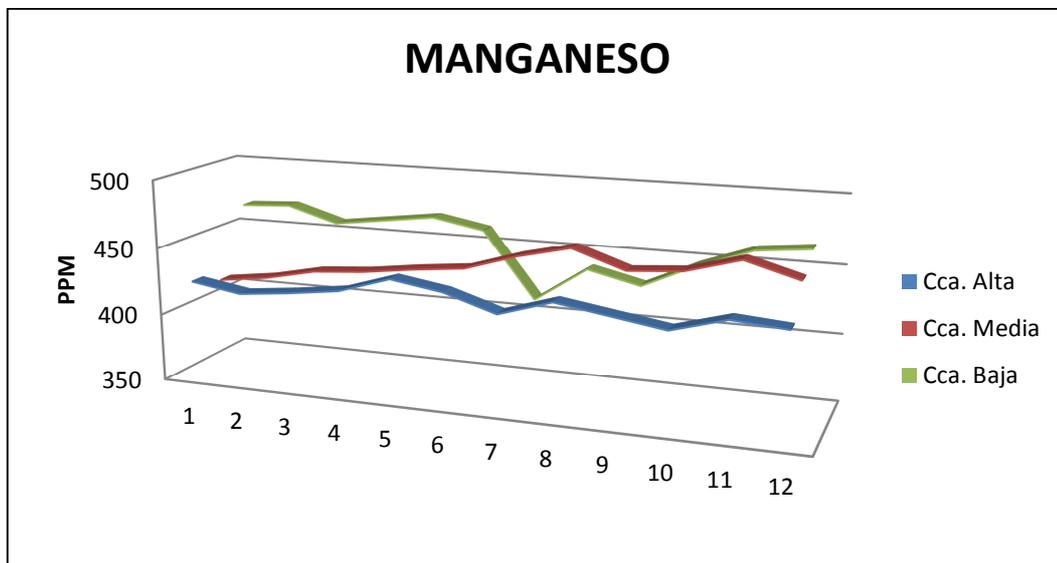


Figura 5.17 Distribución de las concentraciones de Mn en Diferentes secciones en la cuenca.

5.3.8 Molibdeno

Las muestras de sedimentos finos recolectadas correspondientes a la zona de estudio, dieron como resultado un promedio de concentración de molibdeno de 674,91ppb y una mediana de 648,5ppb con un intervalo que varía de 615-791ppb. Considerando, que el 75% de los resultados obtenidos en el análisis estadístico de las muestras podemos decir que, registraron valores inferiores a 719 ppb, no se apreciaron anomalías y estos valores estarían asociados a la litología del área. Analizando el comportamiento del histograma de distribución, se puede deducir que existe una fuente principal de aporte de este elemento, una de las cuales pudiera ubicarse en la zonas adyacentes aguas abajo. (Figuras 5.18 y 5.19)

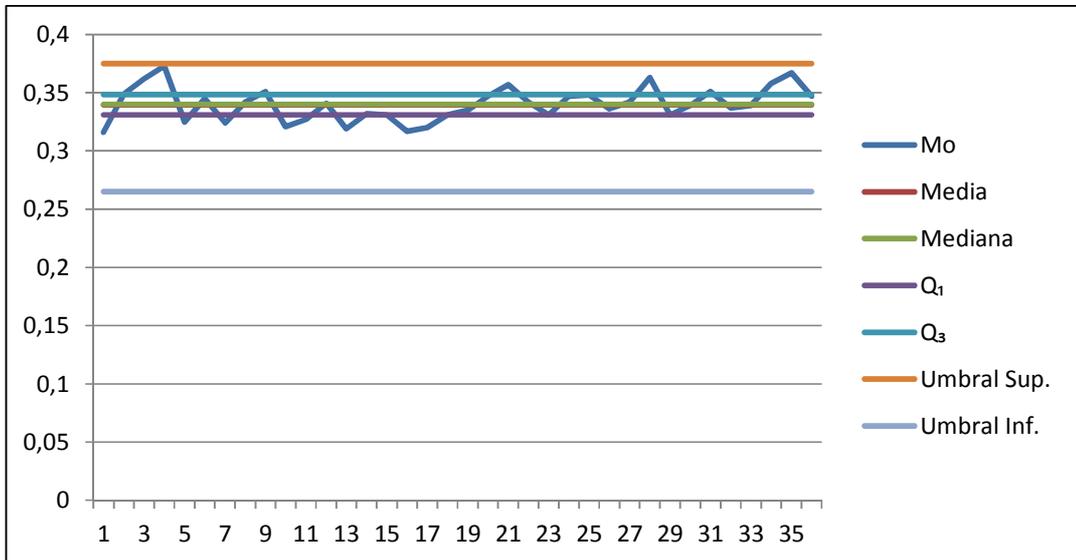


Figura 5.18 Distribución de las concentraciones de Molibdeno

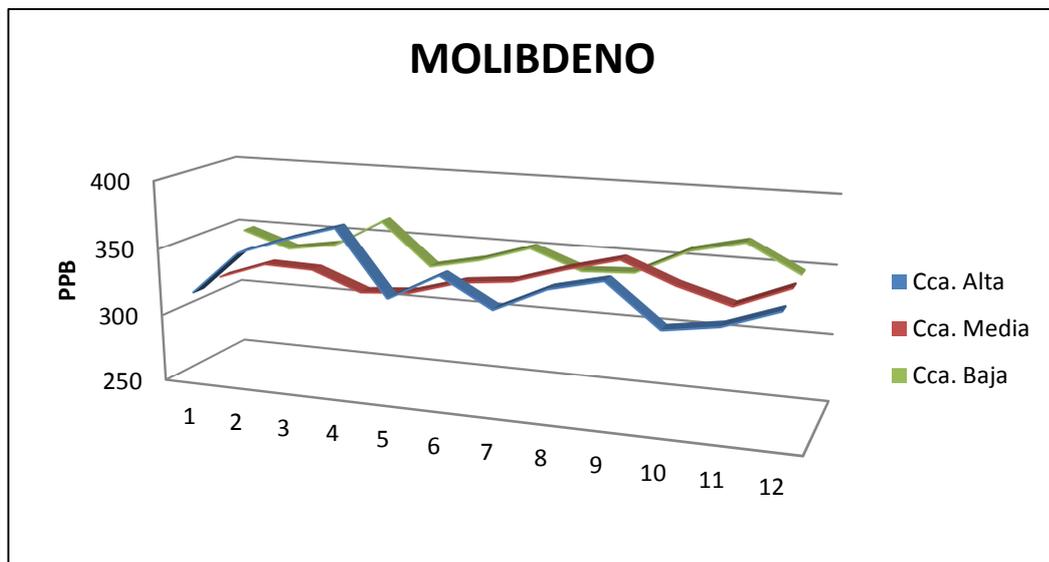


Figura 5.19 Distribución de las concentraciones de Mo en distintas secciones de la cuenca.

5.3.9 Níquel

Las muestras de sedimentos finos tienen un promedio para concentraciones de níquel de 3015,94 ppb y una mediana de 3128 ppb con un intervalo de 1982 – 3673 ppb. El 75% de las muestras presentaron un valor inferior 3380,75 ppm. Para algunos investigadores la concentración de níquel para muestras de sedimentos finos puede variar entre 5-150 ppm manteniéndose los valores encontrados en la zona de estudio menores al rango citado en la bibliografía. El histograma de concentración para dicho elemento de las muestras estudiadas se denota un comportamiento es bimodal, lo cual podemos interpretar como 2 fuentes generadoras de níquel en la zona, en las secciones pertenecientes a las cuencas baja y alta. (Figuras 5.20 y 5.21).

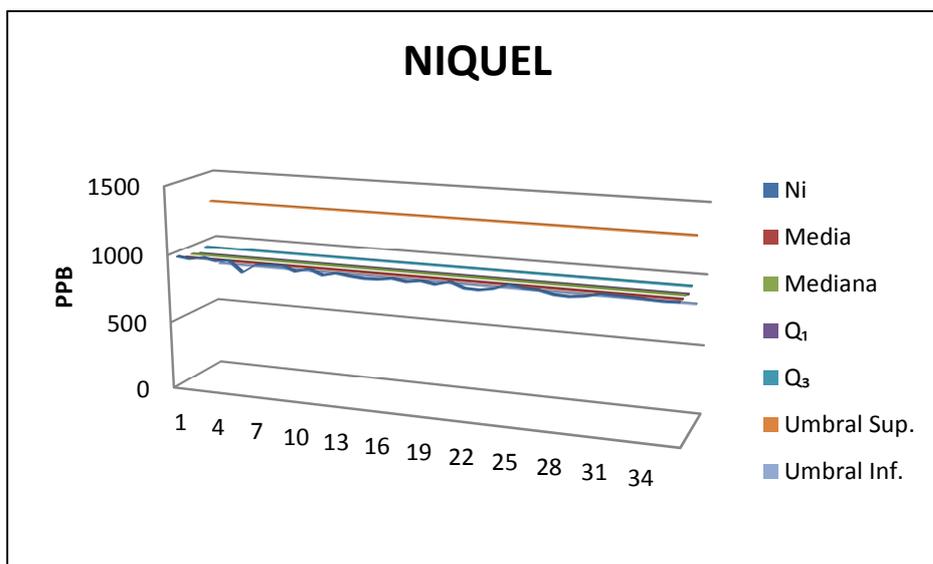


Figura 5.20 Distribución de las concentraciones de Níquel.

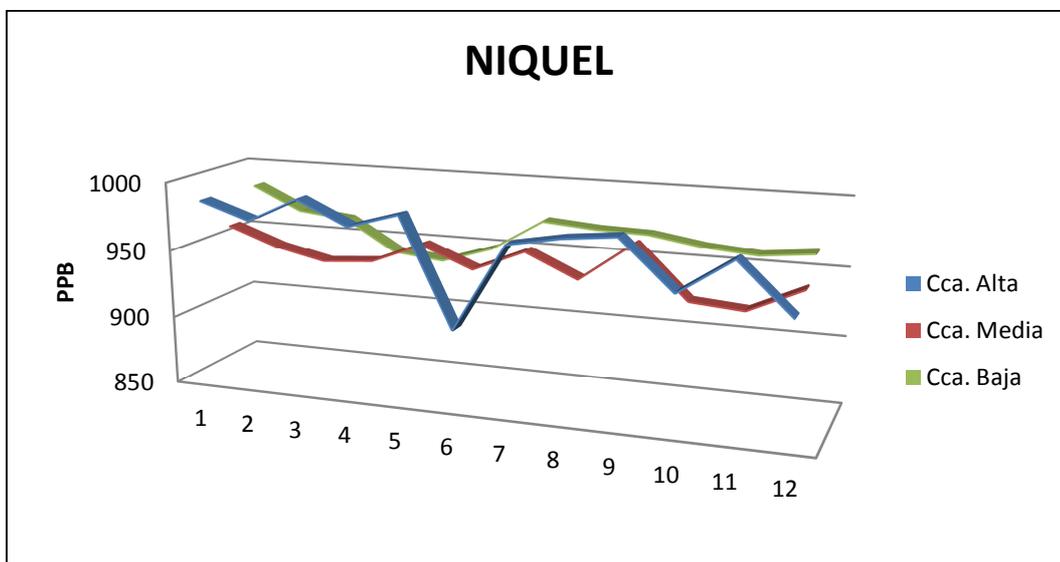


Figura 5.21 Distribución de las concentraciones de Ni en diferentes secciones en la cuenca.

5.3.10 Plomo

En las muestras de sedimentos finos recolectadas la concentración promedio de plomo es de 8460,35 ppb, con una mediana de 8455,50 ppb en un intervalo que varía entre 7482 – 10248 ppb, considerando el 75% de los valores inferiores a los 8549,75 ppb. De acuerdo al análisis estadístico por cajas gráficas se determinaron los valores mayores en la sección de la cuenca baja, pero su vez cabe destacar que dicha cuenca junto a la cuenca alta presentan patrones semejantes, afirmándonos de la existencia de 2 posibles fuentes. Podríamos considerar que nuestros valores de umbral local son bajo con respecto a un valor umbral regional, dado que el promedio de concentración calculado por Dougan en Mendoza, V (2000) para estas rocas en Imataca es de 28 ppm. Además algunos autores señalan que en muestras de sedimentos finos la concentración varía entre 5-50 ppm, indicando que valores mayores de 400 ppm pueden significar zonas de mineralización de dicho elemento. (Figura 5.22 y 5.23).

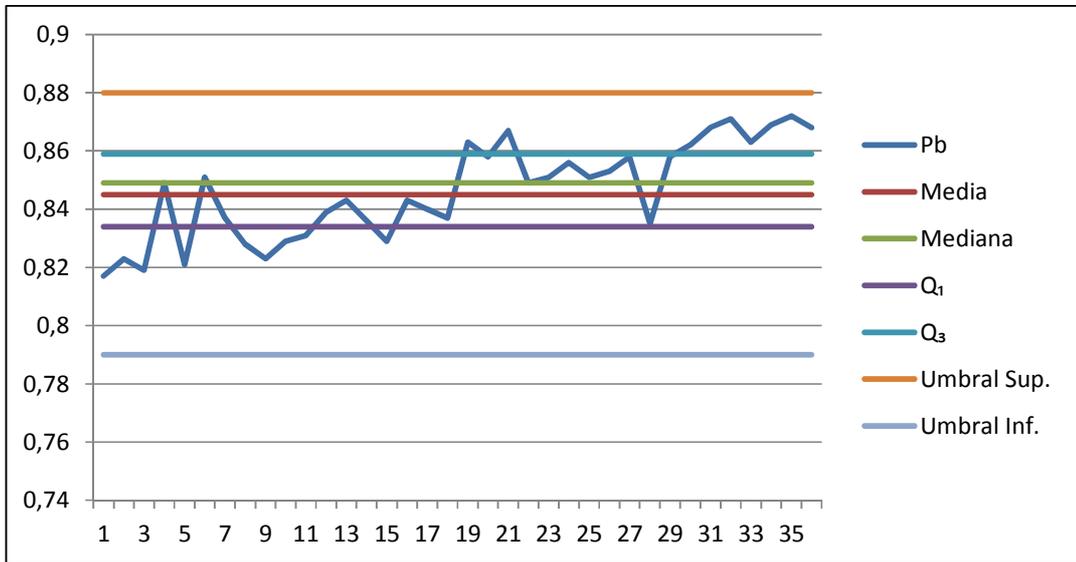


Figura 5.22 Distribución de las concentraciones de Plomo.

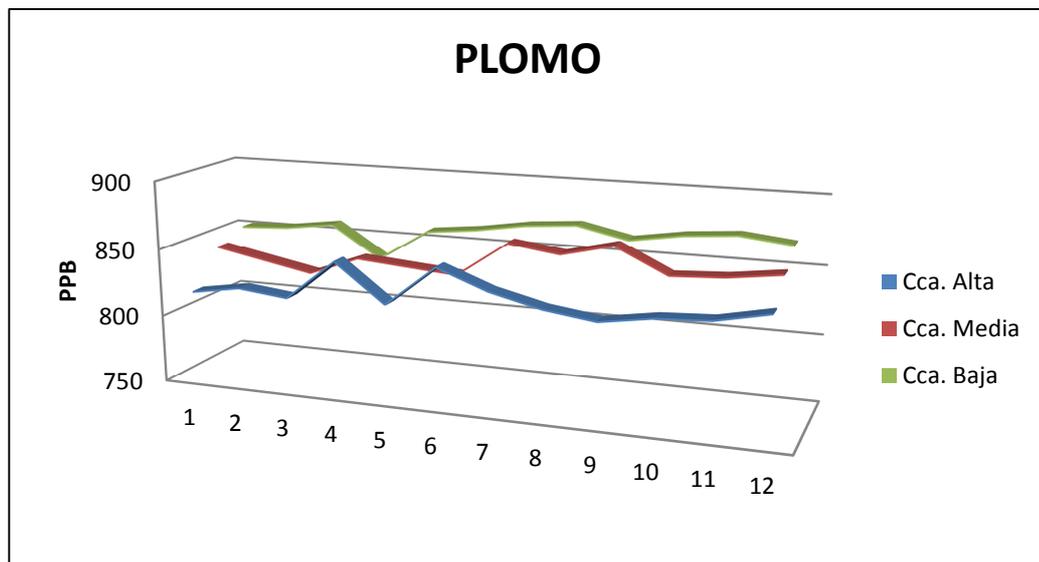


Figura 5.23 Distribución de las concentraciones de Pb en distintas secciones de la cuenca.

5.3.11 Titanio

La concentración promedio de este elemento para muestras de sedimentos finos es de 1310,49 ppm y una mediana de 1292,5 ppm en un intervalo que varía entre 1122 – 1975 ppm, donde el valor umbral es de 2500 ppm, de acuerdo al tratamiento estadístico no encontramos valores anómalos. El 75% de las muestras presentaron valores inferiores a 1341,5 ppm, en donde las 2 cuencas registran valores altos, permitiendo afirmar que en las cuencas existen buenas fuentes de dicho elemento. Señalan algunos autores que la concentración de titanio en sedimentos finos puede variar entre 500-251 ppm, y podemos darnos cuenta que nuestros valores lo sobrepasan ya que deben existir fuentes que contengan gran cantidad de minerales que conformados por Ti, tales como granitos y gneises graníticos. (Figuras 5.24 y 5.25).

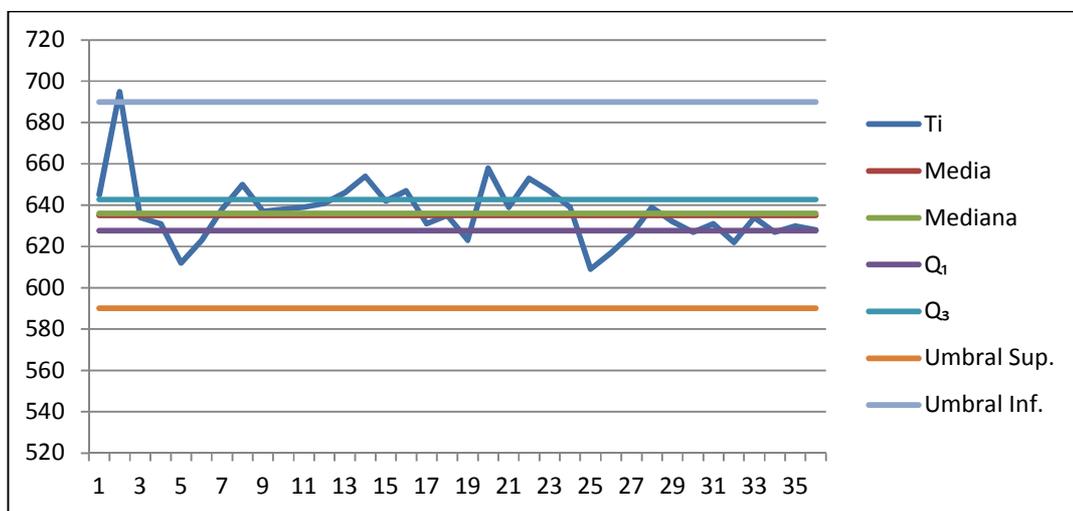


Figura 5.24 Distribución de las concentraciones de Titanio.

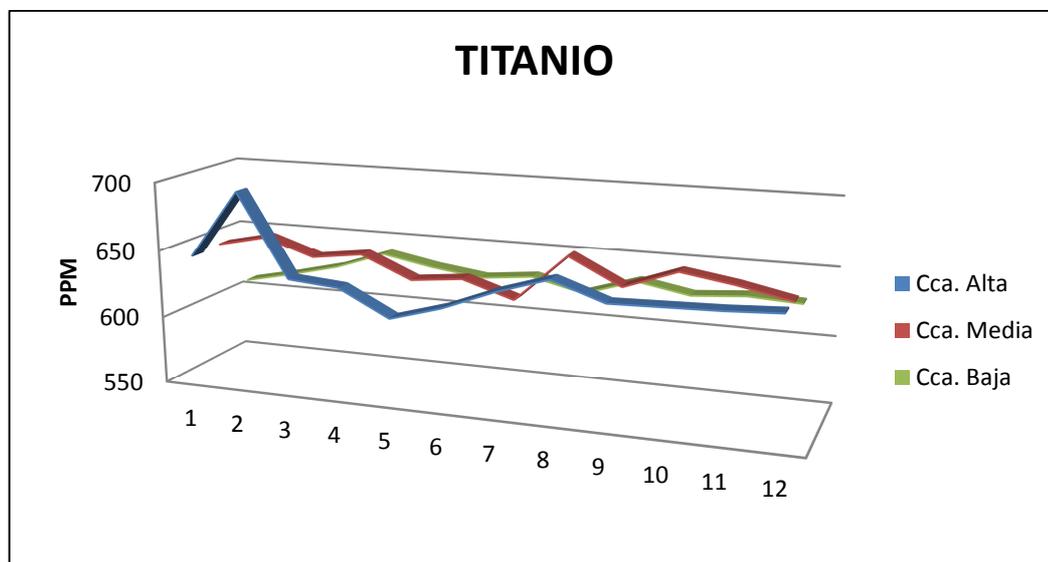


Figura 5.25 Distribución de las concentraciones de Ti en distintas secciones de la cuenca.

5.3.12 Rocas

Es notorio que el sílice (SiO_2) es uno de los compuestos más abundante y junto a él. A través del gráfico podemos observar 7 series, cada una identificada con diferentes colores y representando muestras tomadas en diferentes zonas de la localidad estudiada, teniendo todas un patrón similar. Es notorio que el porcentaje de SiO_2 no sobrepasa el rango de 69,32% - 72,24% lo que no indica que tienen un alto contenido de este; el Al_2O_3 leyéndose por medio de instrumentos tecnificados en un rango de 12,96% - 16,39%, por lo que se pudiese decir que este oxido de aluminio asociado al sílice podría formar aluminosilicatos, por ende nuestras rocas presentan gran cantidad de minerales del grupo de los silicatos (feldespatos y cuarzo), a su vez a estas pudiendo calificarse con el adjetivo de alcalinas ya que la sumatoria de elementos como Na_2O , K_2O son inferiores al cinco por ciento (5%), el Fe_2O_3 presenta un porcentaje inferior al 5%, por último se puede acotar que dichas muestras presentan poca cantidad de trazas de MnO , CaO y MgO , llegando a ser estos casi

nulos, por lo que se deduce que la presencia de minerales ferromagnesianos debe ser en baja proporción. (Figura 5.26 y Tabla 5.2).

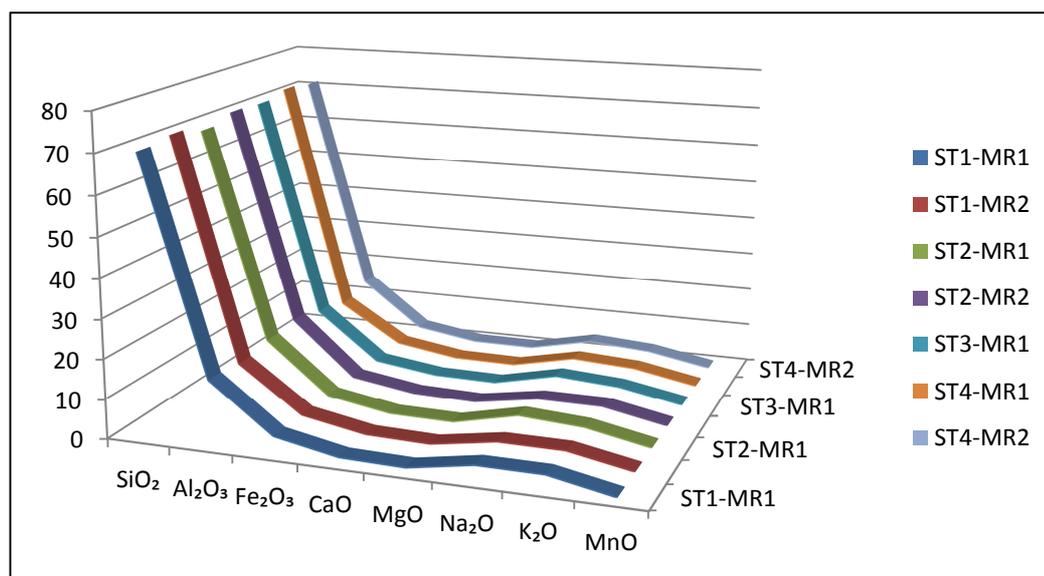


Figura 5.26 Valores porcentuales de elementos estudiados en las rocas.

Tabla 5.2 Concentraciones de los elementos químicos analizados

Muestra No.	Sílice SiO ₂ %	Aluminio Al ₂ O ₃ %	Hierro Fe ₂ O ₃ %	Oxido Calcico CaO %	Oxido MgO MgO %	Oxido de Sodio Na ₂ O %	Oxido de Potasio K ₂ O %	Oxido de Manganeseo MnO %
ST1-MR1	70.12	15.98	3.98	0.87	0.51	3.29	3.22	0.05
ST1-MR2	71.17	15.12	3.82	0.92	0.53	3.17	3.09	0.05
ST2-MR1	69.32	16.39	3.51	0.81	0.61	4.23	3.23	0.07
ST2-MR2	71.29	14.17	3.37	0.90	0.52	3.19	3.17	0.05
ST3-MR1	70.81	15.09	2.92	0.75	0.53	4.11	3.23	0.06
ST4-MR1	72.24	12.96	3.19	0.71	0.54	3.98	3.05	0.05
ST4-MR2	71.29	13.15	3.21	0.69	0.61	4.06	2.97	0.04

5.4 Determinación de las características mineralógicas de los sedimentos de la cuenca del río Candelaria

El análisis mineralógico de las seis (6) muestras seleccionadas, fueron colocadas en un portaobjeto preparadas, vistas en el microscopio y arrojaron los resultados que veremos a continuación en las siguientes tablas.

La información obtenida fue de los minerales magnéticos y no magnéticos donde se puede verificar la abundancia en porcentaje de los minerales presentes en la zona de estudio. (Tablas 5.3-5.8).

Tabla 5.3 Muestra 1.

Cuarzo	Fragmento de Roca	Feldespato Alterado	Oxihidroxidos de Hierro	Ilmenita
Cristal de Roca 55%	Arenisca 1%	3%	3%	1%
Cuarzo Lechoso 35%	Esquisto 1%			
Cuarzo Ahumado 1%	Gneis 1%			

Tabla 5.4 Muestra 2.

Cuarzo	Fragmento de Roca	Feldespato Alterado	Oxihidroxidos de Hierro	Ilmenita
Cristal de Roca 30%	Esquisto 1%	5%	1%	1%
Cuarzo Lechoso 60%				
Cuarzo Ahumado 1%	Gneis 1%			

Tabla 5.5 Muestra 3.

Cuarzo	Fragmento de Roca	Feldespato Alterado	Oxihidroxidos de Hierro	Ilmenita
Cristal de Roca 20%	Arenisca 1%	1%	5%	1%
Cuarzo Lechoso 70%				
Cuarzo Ahumado 1%	Gneis 1%			

Tabla 5.6 Muestra 4.

Cuarzo	Fragmento de Roca	Feldespato Alterado	Oxihidroxidos de Hierro	Ilmenita
Cristal de Roca 50%	Arenisca 1%	2%	1%	2%
Cuarzo Lechoso 40%	Esquisto 1%			
Cuarzo Ahumado 2%	Gneis 1%			

Tabla 5.7 Muestra 5.

Cuarzo	Fragmento de Roca	Feldespato Alterado	Oxihidroxidos de Hierro	Ilmenita	Biotita
Cristal de Roca 50%	Arenisca 1%	1%	3%	2%	1%
Cuarzo Lechoso 1%	Esquisto 1%				
Cuarzo Ahumado 60%					

Tabla 5.8 Muestra 6.

Cuarzo	Fragmento de Roca	Feldespato Alterado	Oxihidroxidos de Hierro	Ilmenita	Biotita
Cristal de Roca 38%	Arenisca 1%	1%	2%	2%	1%
Cuarzo Lechoso 4%	Esquisto 1%				
Cuarzo Ahumado 50%					

5.5 Análisis químico de las rocas presentes en el área de estudio

En la tabla 5.9 se registran los valores de concentraciones de los elementos químicos analizados, estos valores facilitan la determinación de cuales valores pueden ser considerados como valores de fondo.

Tabla 5.9 Composición química en ppm de rocas del complejo de Imataca, cuenca del río Candelaria.

Muestras	Cd	Zn	Co	Cu	Cr	Fe	Mo	Ní	Pb	Ti	Mn
ST1-MR1	0,31	21	3	11	13	22226	3	5	14	1422	312
ST1-MR2	0,29	17	5	13	14	22428	4	4	12	1324	321
ST2-MR1	0,25	32	4	12	12	22392	2	3	17	1285	311
ST2-MR2	0,27	27	7	15	11	22375	5	7	15	1471	352
ST3-MR1	0,32	25	5	17	13	22519	4	6	17	1348	241
ST4-MR1	0,29	23	6	13	10	22437	5	5	13	1375	338

Los valores registrados de cadmio se encuentran entre 0,23 ppm y 0,32 ppm, originando acumulaciones relativamente elevadas en la cuenca del río que alcanzan hasta 1,4 ppm. De igual manera las concentraciones de cinc para las rocas de la zona son algo bajos encontrándose por debajo del promedio calculado por Dougan en Mendoza, V. (2000), con valores entre 17 ppm y 32 ppm, generando acumulaciones de cinc por encima de 300 ppm.

Para el cobalto cobre y cromo encontramos valores altos muy por encima de los promedios calculados por Dougan en Mendoza, V. (2000), lo que explica los valores anómalos, de umbral y de fondo bastante elevados en la zona, pudiendo catalogar algunas anomalías como ruido de fondo.

Existe un alto contenido de cobre en las rocas de la zona por lo que es lógica la presencia de acumulaciones importantes incluso posibles anomalías pero que no dejarían de ser valores de fondo característicos del área de estudio.

Las concentraciones de hierro, níquel, manganeso y titanio se pueden catalogar como normales o características de la naturaleza de las rocas analizadas, manteniendo valores similares a los expuestos por Dougan en Mendoza, V. (2000). En el caso del hierro los mayores valores arrojados por el análisis corresponden a la muestra número 1 y la muestra número 3 (gneis biotítico) con 22126 ppm y 22155 ppm respectivamente.

El plomo presenta valores para los gneises entre 7 y 14 ppm muy por debajo del promedio de 28 ppm calculado para los gneises del Complejo de Imataca.

5.6 Análisis petrográfico de las rocas presentes en el área de estudio

Las muestras de rocas observadas en el laboratorio a través del microscopio son de origen ígneo-metamórficos pertenecientes al complejo Imataca en el cual están presentes rocas como anfibolitas, cuarcitas ferruginosas, granitos y gneis graníticos. Mientras que en el análisis mineralógico el mineral con mayor porcentaje en más de un ochenta por ciento (80%) es el cuarzo, este está presente en sus distintos tipos como lo son cuarzo ahumado, lechoso y cristal de roca.

Los otros minerales vistos son feldespatos alterados, ilmenita y óxido de hierro, en un menor porcentaje están los fragmentos de rocas como esquistos y gneis

5.6.1 Muestra: ST3-MR1

Tipo de roca: Gneis. La muestra de mano es de grano fino, de color gris oscuro con intercalaciones de bandas onduladas de minerales félsicos.

Al microscopio se observa una textura granoblástica constituida por un mosaico de cristales equidimensionales en el que se combina el Cuarzo 25% (con extinción ondulante y los feldespáticos potásicos Pertita (15%) y Microclina (5%) en su mayoría se presentan ligeramente aplanados y orientados paralelamente. Igualmente se observan cristales de Hornblenda (15%) verde y pleocrina con fracturas rómbicas y en menor cantidad Biotítica (5%), Ilmenita (5%), Esfena (3%) y Circón (1%), todos ellos también aplanados y orientados paralelamente junto con los cristales Cuarzo feldespáticos.

La roca presenta bandas leucocráticas de granos más gruesos de Cuarzo (15%), Pertita (5%) y Microclina (5%), los cuales presentan el mismo patrón de aplanamiento del resto de los granos pero no están asociados con minerales maficos, por lo que destacan del resto de la muestra. La roca esta ligeramente fracturada con escasas infiltraciones de Oxihidroxidos de Hierro (1%) entre dichas fracturas. (Figura 5.27).

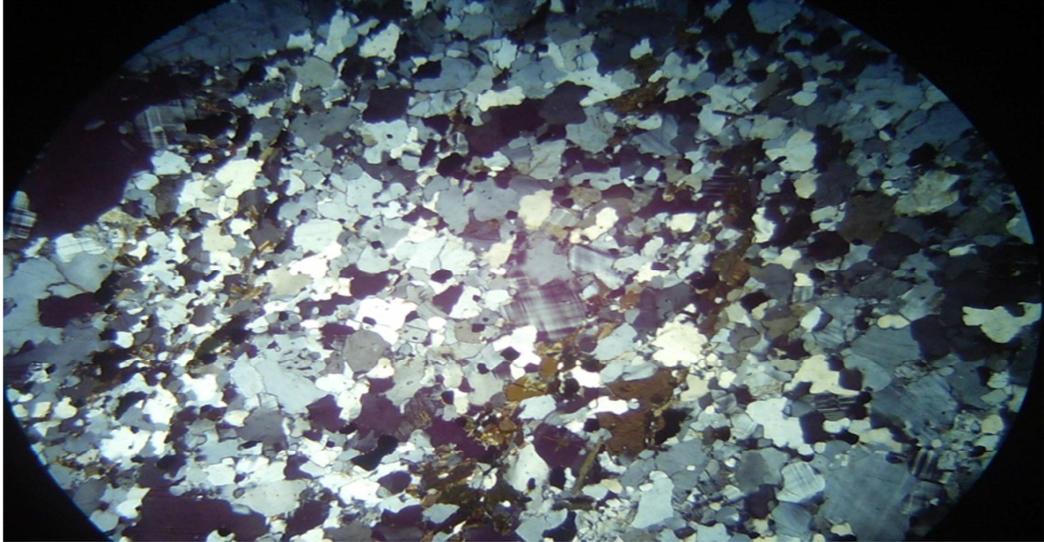


Figura 5.27 Muestra: ST3-MR1 Vista bajo el microscopio con analizador. (Foto tomada con nicoles cruzados. Ocular: Bx; Objetivo: plan 25/0.08 pol.).

5.6.2 Muestra: ST1-MR2

Tipo de roca: Gneis. Roca de color gris con tonos rosados, granos finos y bandas paralelas de minerales maficos.

Al microscopio se observan granos aplanados en una dirección paralela, rodeada de bandas de granos más pequeñas de la misma composición, conformando la típica estructura del mortero que indican que la roca está afectada por procesos cataclásticos. Predomina el Cuarzo (40%) con extinción ondulante y escasamente fracturada. Está asociado con feldespato potásico tipo Pertita (20%), y Microclina (15%) y algunos cristales de Plagioclasa sódica tipo oligoclasa (10%), con maclas polisintéticas, algunas de las cuales se muestran ligeramente dobladas. En las bandas de granos finos se observan la mica biotita (10%) dispuesta paralelamente a los granos aplanados de mayor tamaño.

Se observan Oxihidroxidos de hierro (1%) a lo largo de la fractura y algunos pequeños cristales de Circón (1%), Clorita (1%), Minerales opacos (1%) y Mirmequita (1%) en su mayoría asociados con las bandas de granulación. (Figura 5.28).

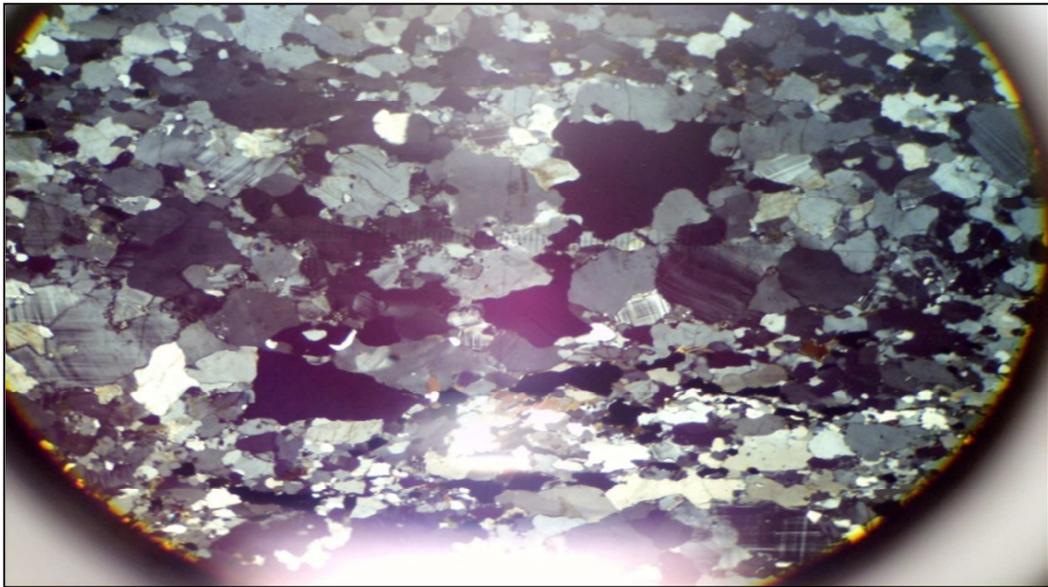


Figura 5.28 Muestra: ST1-MR2, vista bajo el microscopio con analizador. (Foto tomada con nicoles cruzados. Ocular: Bx; Objetivo: plan 25/0.08 pol.).

5.6.3 Muestra: ST4-MR1

Tipo de roca: Anfibolita. Macroscópicamente es una roca de color negro de granos finos y ligeramente foliados.

Al microscopio se observa una textura nematoblástica, caracterizada por cristales prismáticos subhedrales de Anfibol tipo Hornblenda (60%), dispuestos paralelamente y en su mayoría fracturados mostrando clivaje rómbico. También se identifica Plagioclasa tipo Andesina (35%) Anhedral, con maclas polisintéticas, muy

poco sericitizadas (1%) y dispuesta granoblasticamente entre los cristales de Hornblenda y en ocasiones como pequeñas inclusiones. Disperso por toda la muestra se observan pequeños granos de minerales opacos (3%) y Apatita (1%) en inclusiones dentro del Anfíbol y de la Plagioclasa. (Figura 5.29).

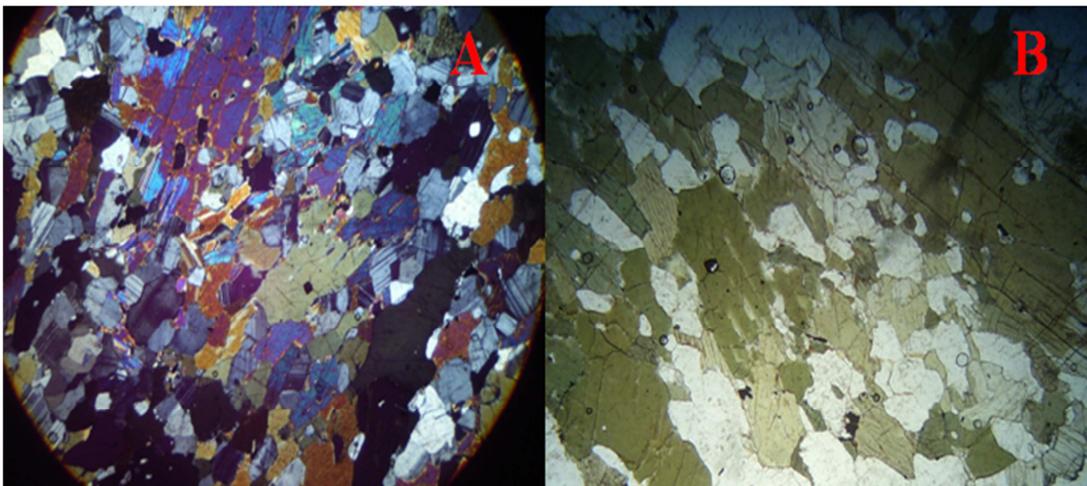


Figura 5.29 Muestra: ST4-MR1. A) Vista bajo el microscopio con analizador. B) Vista bajo el microscopio con analizador (Foto tomada con nicols cruzados. Ocular: Bx; Objetivo: plan 25/0.08 pol.).

5.6.4 Muestra: ST2-MR1

Tipo de roca: Cuarzita ferruginosa.

Macroscópicamente es una roca de color negro, de granos finos, con puntos de brillo metálico y finas bandas paralelas de color más claro. Al microscopio es una roca con textura granoblástica, con cristales equidimensionales y de forma irregular formando un mosaico de bandas paralelas félsicas y maficas. Predomina la Hematita (40%) en granos ligeramente aplanados y arreglados linealmente formando finas

bandas intercaladas con bandas de granos de Cuarzo (45%) con extinción ondulante en igual forma y tamaño que la Hematita.

Se observan finos cristales de Ilmenita (5%) con inclusiones en algunos granos de Cuarzo. También se identifican Goethita (10%) como producto de alteración de la Hematita. (Figura 5.30).

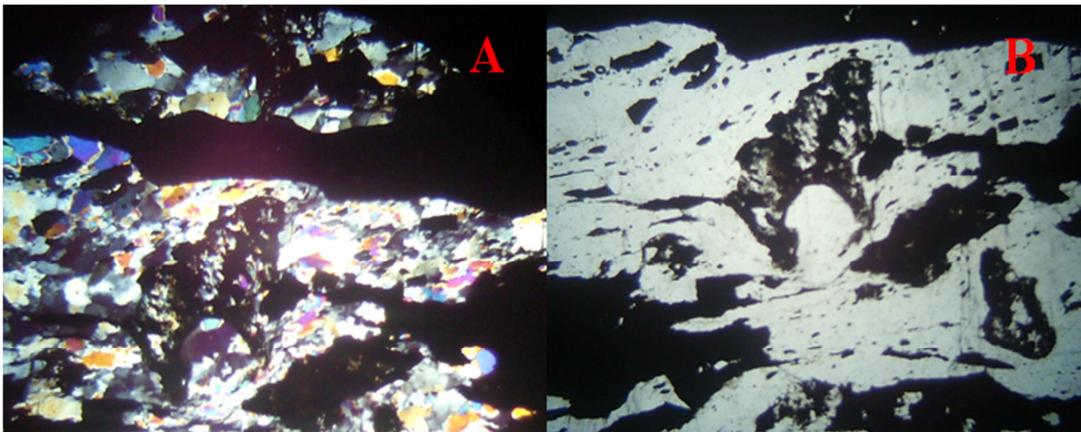


Figura 5.30 Muestra: ST2-MR1. A) Vista bajo el microscopio con analizador. B) Vista bajo el microscopio con analizador (Foto tomada con nicoles cruzados. Ocular: Bx; Objetivo: plan 25/0.08 pol.).

5.6.5 Muestra: ST1-MR1

Tipo de Roca: Gneis. Roca de color ocre, grano medio, masiva y con signos de meteorización.

Al microscopio se observa un mosaico de granos equidimensionales y xenomórficos, conformando una textura granoblástica. Además los granos están en su mayoría fracturados con Oxidróxidos de Hierro (1%) a lo largo de la fractura. Predominan los Feldespatos potásicos parcialmente sericitizados (5%) en las

variedades de Pertita (35%) y Microclina (25%), entre los cuales se observan cristales de cuarzo (25%), sin ningún mineral de alteración pero mostrando extinción ondulante y abundante fractura.

Hay escasos granos de Plagioclasa sódica tipo Oligoclasa (5%) con Maclas polisintéticas y abundante Sericitica. Como minerales accesorios se identifican pequeños cristales de minerales euhedrales de Circón (1%) como inclusiones dentro de los granos de Cuarzo. Además se observan escasa Biotita (1%) y Minerales opacos (1%) alojados entre los granos de Cuarzo y Feldespato. La roca muestra una incipiente granulación marginal (estructura de mortero) y algunas Mirmequitas. (Figura 5.31).

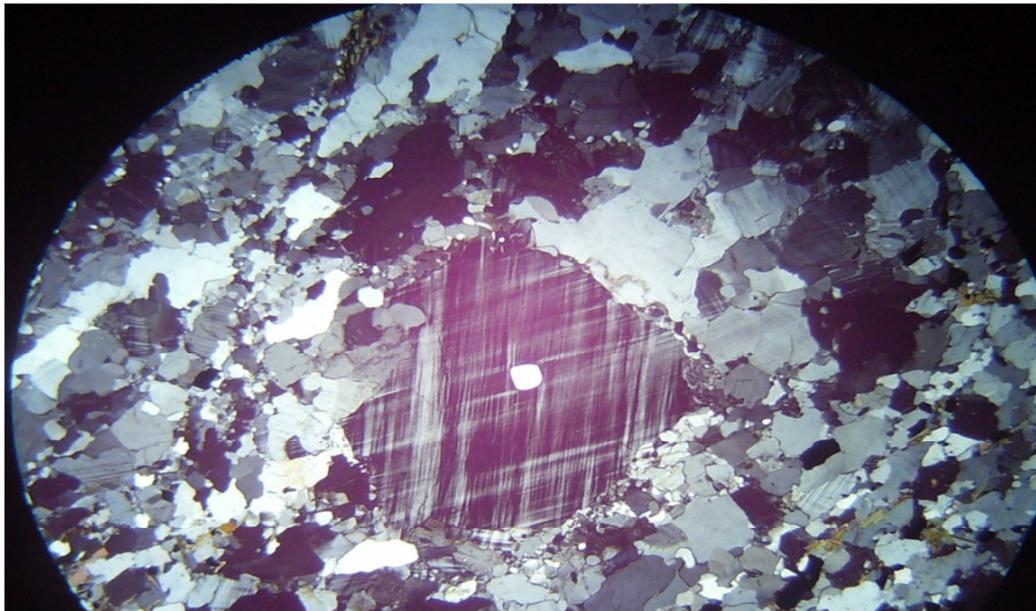


Figura 5.31 Muestra: ST1-MR1. Gneis. (Foto tomada con nicols cruzados. Ocular: Bx; Objetivo: plan 25/0.08 pol.).

5.6.6 Muestra: ST2-MR2

Macroscópicamente la roca es de color rosado, grano grueso y puntos de minerales maficos ligeramente orientados. Al microscopio presenta textura granoblástica caracterizada por granos equidimensionales, xenomórficos de forma irregular y bordes interdigítados. Esta combinada con una abundante granulación marginal cuarzo feldespática que caracteriza a la estructura del mortero. Predominan los feldespatos potásicos en sus variedades de Pertita (30%), Microclina (10%) y Ortosa (5%), todos parcialmente sericitizados (4%), al igual que la Plagioclasa sódica tipo Oligoclasa (15%) con sus características maclas polisintéticas y Mirmequitas (1%) en los contactos con el Cuarzo. Este último se presenta con un (25%), con extinción ondulante y sin ningún mineral de alteración.

Se observan pequeños cristales euhedrales de Circón (1%) como inclusiones en el Cuarzo, algo de Biotita (5%) y Clorita (1%) entre los granos Cuarzo feldespáticas, e igualmente se observan minerales opacos (1%) y oxihidroxido de Hierro (2%) en las fracturas irregulares de la muestra. (Figura 5.32).



Figura 5.32 Muestra: ST2-MR2. Gneis. (Foto tomada con nicols cruzados. Ocular: Bx; Objetivo: plan 25/0.08 pol.).

5.7 Determinación de las posibles fuentes de minerales en la cuenca de estudio

La fuente aportadora de Hierro, Níquel, Plomo, Manganeso, y Cromo son las rocas ígneo metamórficas máficas como Anfibolitas y Granulitas máficas del complejo Imataca y los sedimentos pertenecientes a la Formación Mesa. La principal fuente aportadora se encuentra hacia la cabecera y parte media del río Candelaria debido a la meteorización y disgregación por efecto de la abrasión de los materiales transportados por el río, los cuales produjeron los valores que nosotros tomamos como altos ya que no obtuvimos anomalías específicas de concentración de estos minerales arrojados en el método de espectrometría de adsorción atómica. Los valores más bajos se encuentran hacia la parte baja de la cuenca.

La Formación Mesa se caracteriza por la presencia de material arcilloso, limos y arcillas la presencia de Zinc, Cobalto, Molibdeno, Cobre y Titanio y Cadmio entre los sedimentos, se infiere que sean provenientes de esta formación junto con los materiales producto de la meteorización de las rocas alcalinas del complejo de Imataca. Los valores más altos se encuentran hacia la cabecera de la cuenca por lo tanto se infiere que allí se encuentran las principales fuentes aportadoras

5.8 Elaboración de los mapas correspondientes a los aspectos geológicos y a las áreas del muestreo

Se elaboraron un total de cuatro (4) mapas, un mapa geológico y otro con información del muestreo y tres (3) mapas de sondeo correspondientes a los elementos químicos cromo, plomo y hierro y en los que se identificó los valores altos, medios y bajos, teniendo como mapa base, el mapa topográfico de la cuenca del río Candelaria escala 1:100000. (Anexos 1-5).

Para los datos de sondeo en cada punto de muestreo se combinó los puntos de muestreo con las concentraciones de los elementos de interés correspondientes, identificando los puntos con colores asignados de acuerdo al grado de concentración, bajo, medio y alto.

Para el Cromo se resaltó dos puntos en la cuenca alta correspondiente a la muestra MS-1 con una concentración de 2685 ppb, y la muestra MS-2 con una concentración de 2642 ppb de la estación 1, por lo que se catalogaron como altas y se identificaron con el color morado en los puntos de muestreo. Para el plomo pudimos identificar la mayoría de las muestras de la estación 4 a la estación 6 como altas, ya que tomamos en cuenta como valor alto los que están $>0,859$. Para el Hierro se identificaron como concentraciones altas los puntos de las muestras de la estación 2,

estas son identificadas con la siguiente nomenclatura MS-1 yMS-2, con una concentración de 3263ppm y 3243 ppm respectivamente, estas fueron recolectadas en la cuenca media, los dos puntos de muestreo también se denotaron con color morado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Dentro de la cuenca en estudio se observaron tres (3) unidades geológicas: el Complejo de Imataca, la Formación Mesa y los sedimentos Recientes.

Litológicamente los afloramientos pertenecientes al Complejo Imataca ubicados en la cuenca del río Candelaria están constituidos por Gneises, Anfibolitas y Cuarzita ferruginosa.

La Formación Mesa se observa aflorando en las adyacencias del río Candelaria en un corte de carretera en la autopista Ciudad Bolívar – Puerto Ordaz, mostrando una alternancia de arenas, limos, arcillas y facies mixtas (arenas limosas y arcillosas, arcillas arenosas y limosas), depositados sobre rocas precámbricas del Complejo de Imataca.

Los sedimentos del reciente (aluviones), se extienden preferentemente adyacentes en las planicies y barras de meandros. Están conformados básicamente por materiales productos del intemperismo de la Formación Mesa y de las rocas del Complejo de Imataca.

Estructuralmente en la zona de estudio se identificó un patrón de diaclasamiento, cuyos rumbos y buzamientos son: Rbo: S80°O; Bz: 56°NO.

La cuenca media se encuentran diques con rumbo N30°W, un dique cuarzo de menor tamaño presentando el mismo rumbo preferencial y una serie de diques de cuarzo, paralelos entre ellos con rumbo N75°E.

No se detectaron valores anómalos en el análisis químico realizado a las muestras recolectadas de sedimentos y rocas en la cuenca, pero la zona de mayor interés en el área de estudio es la cuenca baja.

Los valores obtenidos los clasificamos como valores altos, medios y bajos debido a lo expuesto en la anterior.

El uso de un software especializado como Excel para el tratamiento estadístico de los datos de análisis de sedimentos y rocas, permitió obtener resultados más satisfactorios y evitar errores por cálculos manuales.

El vaciado de los datos obtenidos para cada elemento en hojas de cálculo Excel, en la elaboración de cajas gráficas, proporciono una mejor visualización e interpretación de la distribución de los valores.

No se detectaron fuentes de minerales, esto debido a que a los resultados registrados en las muestras no presentan picos importantes en las concentraciones de estos elementos.

Se puede observar que los rangos obtenidos aumentan significativamente en los minerales estudiados en la parte media y baja de la cuenca del río Candelaria.

De acuerdo a los análisis petrográficos las rocas muestreadas en la cuenca del río Candelaria corresponden a, Gneises (ST3-MR1, ST1-MR1, ST2-MR2 y ST1-MR2), Anfibolitas (ST4-MR1) y Cuarcita ferruginosa (ST2-MR1).

Recomendaciones

Se requiere la colaboración de las autoridades de la zona y de la población en general, para que permitan y faciliten el acceso a la cuenca del río Candelaria para que los estudios que se realicen en la zona cubran más sectores de los que se lograron alcanzar en esta investigación.

En la Universidad de Oriente se debe contar con un transporte adecuado y los permisos que se requieran por parte de las autoridades, así como el resguardo por parte de éstas para velar por la integridad de los investigadores mientras realizan la jornada.

Contar con instrumentos más actualizados en los laboratorios de sedimentología y petrografía de la Escuela de Ciencias de la Tierra que permitan realizar los análisis de una manera más rápida y confiable.

Para futuras investigaciones, se requiere de la actualización de esta investigación para lo que se recomienda principalmente recolectar y analizar mayor cantidad de muestras a lo largo de la cuenca del río Candelaria y zonas aledañas.

REFERENCIAS

Campal, N. y A. Schipilov. (2.004) **LA FORMACIÓN CERROS DE AGUIRRE: EVIDENCIAS DE MAGMATISMO VENDIANO EN EL URUGUAY.** Latin American Journal of Sedimentology and Basin Análisis, pp12-109.

Corporación Venezolana de Guayana. Técnica Minera C.A. (TECMIN C.A.). (1.991) **INFORME DE AVANCE NB-20-4. CLIMA, GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS, VEGETACIÓN.** Gerencia de Proyectos Especiales. Proyecto Inventario de los Recursos Naturales de la Región Guayana (P.I.R.N.R.G.), Ciudad Bolívar, Venezuela. Tomo I, p 1-73.

Franzone, Aura y Medina Arquímedes. (1.998) **CONTAMINACIÓN DE LOS ORICHALES LOS CARIBES-GUARICONGO Y SUS ALREDEDORES EN EL ESTADO BOLÍVAR.** Tesis de Grado. U.D.O., Núcleo Bolívar Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar. pp. 4-42, 55-77.

Hurtado de Barrera, J. (2.000) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.** Edición SYPAL, pp 54-72.

Larez G., Haydee L.; Miguel A. Salazar S. y Esteban M. Salcedo V. (1.972) **GEOLOGÍA DEL ÁREA DE CERRO MONTECRISTO, DISTRITO HERES, ESTADO BOLÍVAR,** trabajo de grado inédito, Ciudad Bolívar: Universidad de Oriente-Esc. de Cs. de la Tierra, pp. 1, 3, 5, 8.

Mendoza, V. (2.000) **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO)**. Ciudad Bolívar, Venezuela, p 184.

Orsetti, Milisen y Romero Yajaira, (2.005) **“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO CANDELARIA EN ÉPOCA DE SEQUÍA AÑO 2.005”** Tesis de Grado. UDO. Núcleo Bolívar. Escuela de Ciencias de la Tierra.

Oyarzún J. (2.009) **LÉXICO SOBRE PROCESOS Y ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS**. Universidad de La Serena. Chile. Recuperado Febrero 2009. [<http://www.aulados.net/geologia-yacimientos/lexico:1.htm>].

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

Rose, A.W., Hawkes, H. E. & Webb, J.S. (1.979) **GEOCHEMISTRY IN MINERAL EXPLORATION**. Segunda Edición. Academic Press (New York), p 656.

Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana, FAV. (2.007) **INFORME DE METEOROLOGÍA 1994 – 2007**. Aeropuerto de Ciudad Bolívar. Estado Bolívar.

Susanne Griem – Klee. (2.008). **APUNTES COMPILADOS**. Universidad de Munster (Alemania). Recuperado Marzo 2009. [<http://www.plata.uda.cl/minas/apuntes.htm>].

Williams, V. y Morales, R. (2008) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE AFLORAMIENTOS DE CHARNOKITA UBICADOS EN EL SECTOR CURRUCAY KM 43 DE LA AUTOPISTA CIUDAD BOLÍVAR – CIUDAD GUAYANA. MUNICIPIO AUTONOMO HERES.** Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela; trabajo de grado, pp 45-98.

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
GEOLOGIA	ESTRUCTURAL GEOLOGICAS
GEOQUIMICA	QUIMICA
PETROGRAFIA	MINERALOGIA
CIENCIAS BASICAS	QUIMICA

Resumen (abstract):

El área de estudio se ubica en la cuenca hidrográfica del río Candelaria, está ubicada al Sureste de Ciudad Bolívar, Municipio Heres del estado Bolívar. Se extiende desde las inmediaciones Hato Viejo y las poblaciones de Angosturita y la laguna La Romanera. La investigación tiene como objetivo general estudiar geoquímicamente a nivel exploratorio el río Candelaria utilizándose la siguiente metodología para estudiar las unidades y estructuras geológicas así como las características químicas y/o mineralógicas de la zona e identificar la presencia de posibles anomalías geoquímicas. Para ellos se recolectaron treinta y seis (36) muestras de sedimentos y seis (6) de las rocas representativas en las estaciones bases o principales que se plasmaron en el mapa.

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
PROF. JORGE ABUD	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
PROF. MARIA SAMPOL	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
PROF. JESUS ALVARES	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2010	10	11

Lenguaje: spa

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

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-Rio Candelaria.doc	Application/msword

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

Alcance:

Espacial: LABORATORIO DE MINEROLOGIA (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: GEOLOGO E INGENIERO GEOLOGO

Nivel Asociado con el Trabajo: GEOLOGO E INGENIERO

Área de Estudio: GEOQUIMICA

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

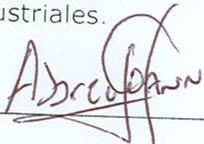
Si como producto de convenios, otras instituciones además de la Universidad de Oriente, avalan el Título o grado obtenido, el nombre de estas instituciones debe incluirse aquí.

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

Derechos:

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

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



AUTOR 1



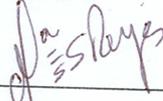
AUTOR 2

AUTOR 3



TUTOR

AUTOR 4



JURADO 1



JURADO 2

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:

